This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

FROM THE LIBRARY OF

Professor Karl Heinrich Rau

OF THE UNIVERSITY OF HEIDELBERG

PRESENTED TO THE

UNIVERSITY OF MICHIGAN

BY

Mr. Philo Parsons

OF DETROIT

1871

S
633
.S39

11389

Der rationelle Ackerbau

PARSONS LIBRARY University of MICHIGAN

in seiner Begründung

durch

die Ergebnisse der neueren Naturforschung

von

Dr. C. Schulz-Fleeth,
Privatdocent an der Universität zu Berlin.

Mit 46 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Berlin.
Verlag von G. W. F. Müller.
1856.

Vorwort.

Die Aufgabe, welche ich mir für die Abfassung des vorliegenden Werkes gestellt hatte, forderte: in möglichst gedrängter Form, und in einer, jedem Gebildeten verständlichen Darstellung, die allgemeinen Gesetze des Pflanzenwachsthums und der Pflanzenproduction, die wissenschaftliche Begründung und Grundlage des Ackerbaues, der Höhe des jetzigen Wissens entsprechend, zu geben. Ich habe mich bemüht, diese Aufgabe von einem unbefangenen, nur die objectiven Thatsachen berücksichtigenden, Standpunkte, den zu erreichen ich seit zehn Jahren unablässig bestrebt war, zu lösen.

Es läßt sich nicht leugnen, daß die Wissenschaft dem Ackerbau ihren hohen Nutzen nur dann gewährt, wenn sie gründlich betrieben wird; und daß ein halbes und oberflächliches Wissen häufig zu Fehlgriffen führt, welche dann zur Warnung und Abschreckung vor jeder Berührung mit der Wissenschaft hingestellt zu werden pflegen; indem man der Wissenschaft zur Last legt, was der Mangel an Wissen verschuldete. Deshalb fürchte ich den Vorwurf einer zu wissenschaftlichen Behandlung des Stoffes am allerwenigsten; zumal dieselbe keineswegs Unverständlichkeit bedingt, sondern im Gegentheil das Verständniß erleichtert. Wo es darauf ankommt, zu erklären, und das Handeln zu einem, seiner Gründe bewußten, zu erheben, da nützt es nichts, Umschreibungen und Bilder zu geben, anstatt die Ursachen des Beobachteten aufzudecken. Nur wenn man die Erscheinungen

Schritt für Schritt verfolgt, ist eine richtige und lohnende Erkenntniß ihres ursächlichen Zusammenhanges möglich; die Verhältnisse gestalten sich bei gründlicher Prüfung oft auffallend anders, als sie bei der oberflächlichen Betrachtung erschienen, und es ist wahr, „daß diejenigen Dinge, von denen man gewöhnlich sagt, daß sie sich von selbst verständen, sich häufig gerade am wenigsten von selbst verstehen." Ueberhaupt aber sind von der langen Kette der Ursachen und Folgen, als welche sich uns die Naturwissenschaft darstellt, noch nicht so viele Glieder erfaßt, daß wir nicht gerne mit unseren Erklärungen so tief gehen sollten, als wir es vermögen.

Es ist mir das Glück zu Theil geworden, eine, nicht blos auf oberflächliche Anschauung, sondern auf selbstständig eingreifende Thätigkeit beruhende Bekanntschaft mit der praktischen Landwirthschaft zu machen. Ich habe auf diese Weise Gelegenheit gehabt, die Bedeutung der Wissenschaft für den Betrieb des Ackerbaues in vollem Maße schätzen zu lernen; und es würde mir eine erhebende Freude sein, wenn ich durch die Abfassung dieses Werkes zu der segenbringenden Verbreitung der Wissenschaft etwas beigetragen.

Im April 1856.

Der Verfasser.

Inhalt.

Seite

Einleitung 1

I. Die Gewächse.

Ueber die chemische Zusammensetzung und den inneren Bau der Gewächse 9
Die Zelle 9
Structur der Zellen 10
Chemische Zusammensetzung der Zellen (der Pflanzen) . . . 12
Organische Bestandtheile der Gewächse 13
Stickstofffreie organische Bestandtheile 13
Der Zellstoff 13
Die Stärke 13
Inulin 14
Lichenin 14
Der Zucker 14
Das Dextrin 15
Das arabische Gummi 15
Der Mannit 15
Der Pflanzenschleim 15
Die Pflanzengallerte (Pectinstoffe) 15
Das Chlorophyll (Blattgrün) 16
Die Farbestoffe 16
Die fetten Oele 16
Die ätherischen Oele 17
Die Harze 17
Die wachsartigen Stoffe 17
Das Kautschuk 17
Die Gutta-Percha 17
Die Bitterstoffe 18
Die Pflanzensäuren 18
Stickstoffhaltige organische Bestandtheile 18
Die Alkaloide 18
Die Proteinstoffe: Albumin, Pflanzenfibrin, Pflanzenleim (Legumin) 18
Die Fermente und deren Wirkungsweise 19
Die stickstoffhaltigen Theile der Zellen 20
Die unorganischen Bestandtheile (Aschen) der Pflanzen . . . 20

Seite

Die Entstehung und Vermehrung der Zellen 22
Zellenbildung durch Theilung 22
Freie Zellenbildung 23
Die Zellengewebe 23
Das Parenchymgewebe 24
Das Cambialgewebe 24
Das Holzgewebe 25
Die Gefäße 25
Die Bastzellen 26
Die Gefäßbündel 26
Die Gefäßbündel der Monocotyledonen 27
Die Gefäßbündel der Dicotyledonen 27
Die Markstrahlen 28
Die Gewebe der Oberhaut 28
Das Epithelium 29
Die Epidermis 29
Die Spaltöffnungen 29
Das Korkgewebe 29
Die Cuticula 29
Die Haare, Schuppen und Stacheln 29
Die Theile der Pflanzen: Wurzeln, Stamm, Zweige, Knospen, Blätter, Blüthen 30
Die Entwickelung der Pflanzen 30
Der Saame 31
Der Embryon 31
Der Stamm 32
Die Wurzel 32
Die Blätter 32
Die Knospen 33
Die Blüthen 34
Die Befruchtung 36
Die Fortpflanzung der Kryptogamen 37
Ueber die Nahrungsmittel der Gewächse 39
Begriff und Bedeutung der Nahrungsmittel 39
Die den Kohlenstoff der Gewächse liefernden Verbindungen 42
Aufnahme und Assimilation der Kohlensäure 43
Einfluß des Lichtes und der Temperatur bei der Assimilation der Kohlensäure 44
Verhalten der Blüthen und Früchte gegen die Kohlensäure . 45
Wie die Kohlensäure zersetzt wird 45
Ob der Humus assimilirt wird 47
Die Wiederersetzung der assimilirten Kohlensäure der Atmosphäre 51
Die den Wasserstoff der Gewächse liefernden Verbindungen 55

Seite

Die den Sauerstoff der Gewächse liefernden Verbindungen 57
Die den Stickstoff der Gewächse liefernden Verbindungen 58
Das Ammoniak als Stickstoffquelle der Pflanzen 58
Vorkommen des Ammoniaks in der Natur 59
Bildung des Ammoniaks 60
Vertheilung des Ammoniaks in der Atmosphäre und in der Ackerkrume 63
Aufnahme des Ammoniaks durch die Pflanzen 67
Ob die Salpetersäure assimilirt wird 67
Die unorganischen Bestandtheile der Gewächse . . . 68
Begriff der unorganischen Bestandtheile 68
Bedeutung derselben für die Vegetation 69
Aschengehalt der Pflanzen 77
Die Zusammensetzung der Aschen 79
Tafeln über die Aschenanalysen 85
Schwankungen in der Zusammensetzung der Aschen . . . 95
Nothwendige und zufällige Aschenbestandtheile 97
Aschen der einzelnen Pflanzentheile 99
Vegetationsversuche 101
Die Verbindungen, in welchen die unorganischen Stoffe assimilirt werden 102
Ueber die Bedingungen für die Assimilation der Nahrungsmittel . 104
Der Pflanzenkeim 105
Die Assimilation der Nahrungsmittel 106
Die Entstehung der Zellengestalt 108
Das Wasser 110
Die Concentration der Nahrungsmittellösung 110
Die Erde und die Luft 112
Die Wärme 113
Das Licht 114
Die Elektricität 114
Eigenthümliche Bedingnisse der Vegetation 114
Verhältniß der einzelnen Bedingnisse zu einander 115
Keimungsproceß 116
Ueber die Wege, auf welchen die Nahrungsmittel in die Gewächse eingeführt und in denselben vertheilt werden 117
Endosmose und Exosmose 117
Erklärung des endosmotischen Processes 118
Aufnahme der Stoffe durch die Wurzeln 123
Das scheinbare Wahlvermögen der Pflanzen 124
Fortleitung der aufgenommenen Stoffe 125
Ursachen der Saftvermehrung 126
Bedeutung der Wasserabdunstung für die Einführung der Nahrungsmittel 128

Seite

Vertheilung des assimilirten Pflanzensaftes 129
Die Aufnahme der Gase 130
Die Zuleitung der Nahrungsmittellösung des Bodens zu den Wurzeln der Pflanzen 131
Abweichende Ansichten über die Aufnahme der Nahrungsmittel und deren Widerlegung 133
Ueber die Lebenskraft 138

II. Der Ackerboden.

Ueber die Entstehung des Ackerbodens 145
Bildung der Erdkugel 145
Entstehung der Gesteine und Gebirge 146
Zerstörung der Felsen durch Wasser 146
Bildung der geschichteten Gesteine 147
Verwitterung der Gesteine 147
Entstehung der Pflanzen und Thiere 148
Bildung des Humus, der Stein- und Braunkohlenlager . . 149
Fortdauernde Zerstörung der Felsen durch die Flüsse . . . 149
" " " " " " Gletscher . . 151
" " " " " " Meere . . . 152
Entstehung der Torfmoore, Sümpfe, Brücher 153
Erdbildung durch Infusorien, Polypen und Pflanzen . . . 156
Ueber die Zusammensetzung des Ackerbodens 157
Der Quarz 157
Der Thon 157
Der Kalk 159
Die übrigen mineralischen Bestandtheile des Bodens . . . 159
Die Humuskörper 161
Das Wasser als Bestandtheil des Bodens 164
Vertheilung desselben im Boden 164
Wasserhaltende Kraft der Erden 166
Abdunstung des Wassers aus den verschiedenen Erden . . 167
Verbreitung des Wassers durch Capillarität 168
" " " " Quellen 170
Artesische Brunnen 172
Das Meer und die Flüsse 173
Das chemisch gebundene Wasser der Erden 175
Die Hygroskopicität der Erden 175
Das Mischungsverhältniß der Bodenbestandtheile 176
Der Sandboden 176
Der Thon- (Lehm-) Boden 177
Der Kalkboden 177
Der Humusboden 177
Analysen einiger fruchtbarer Bodenarten 178

Seite

Ueber die Bedeutung des Ackerbodens für die Vegetation 179
Die Nahrungsstoffe des Bodens 181
Die Concentration der Nahrungslösung 182
Lösungsmittel für die Nahrungsstoffe 182
Wovon die Zusammensetzung der Nahrungsmittellösung abhängt 183
Das Wasser 185
Der die Ernährung vermittelnde Theil des Bodens . . . 186
— — Dessen Bedeutung 186
Eigenschaften des Quarzsandes 188
Eigenschaften des Thons 191
Eigenschaften des Humus 193
Eigenschaften des kohlensauren Kalkes 194
Die günstigste Mischung der Erdarten 195
Beziehungen der Pflanzen zu der Zusammensetzung des Bodens 196
Wovon die verschiedene Vegetation abhängt 197
Wonach die Fruchtbarkeit des Bodens zu beurtheilen . . . 201

III. Die atmosphärische Luft.

Bildung und Zusammensetzung der Atmosphäre 205
Ausdehnung der Atmosphäre 206
Ursprung des Wassergehaltes der Atmosphäre 206
Wechsel des Wassergehaltes 207
Entstehung der wässerigen Niederschläge 208
Entstehung des Thaues und Nebels 209
Der Reif 211
Entstehung der Wolken 212
Entstehung des Regens, Schnees, Hagels 212
Die Bewegung der Atmosphäre 213
Die Passate 214
Die Winde der höheren Breitengrade 215
Der Regen in den Aequatorialgegenden 218
Der Regen in den höheren Breitengraden 218
Die Gewitter 220
Abnahme der Temperatur mit der Höhe 221
Ungleiche Erwärmung von Meer und Land 221
— Dadurch veranlaßte Luftströmungen 221
Locale Luftströmungen 222
Vertheilung des Regens über die Erdoberfläche, jährl. Regenmenge 222
Beziehung der atmosphärischen Luft zu der Vegetation . . 223

II. Abth. Der Ackerbau.

Aufgabe des Ackerbaues 227
Meliorationsarbeiten 231

Seite

Entwässerung 231
Nachtheile zu großer Nässe des Bodens 231
Untersuchung über die Art und Weise der Vertheilung des Wassers im Boden 233
Entwässerung durch offene Gräben 234
Entwässerung eines durchlassenden, in einem undurchlassenden Becken lagernden Bodens 234
Entwässerung eines schwerdurchlassenden Bodens 236
Entwässerung einer durchlassenden, wenig über dem Wasserniveau erhabenen Schicht 237
Ableitung des Quellwassers 237
Abgrabung von Brüchern, Moorgründen ꝛc. 238
Entwässerung durch Drainröhren 238
Wirkungsweise des Drains 239
Die Tiefe, in welcher die Drains gelegt werden 240
Verminderung des capillarisch gebundenen Wassers 242
Bei welchem Wassergehalt ein Boden zu naß ist 243
Bewässerung 244
Grund des Wassermangels 244
Directe Wasserzuführung 245
Indirecte Bewässerung 245
Lebendige Hecken 245
Zuführung von Erden mit großer wasserhaltender Kraft . . 246
Lehmzufuhr 247
Vorkommen des Lehms 247
Wirkungsweise des Lehms 248
Verfahren bei der Vermischung der Ackerkrume mit Lehm . 250
Moderzufuhr 251
Ob Moder oder Lehm anzuwenden 251
Behandlung des Moders 252
Wirkungsweise des Moders 253
Sandzufuhr 254
Kalkzufuhr 255
Beackerungsarbeiten 256
Zweck der Beackerungsarbeiten 256
Worauf es bei der Beackerung ankommt 257
Bedeutung der Zersetzung der Pflanzenüberreste des Bodens 258
Beackerung des schweren Bodens 258
Beackerung des leichten Bodens 259
Wirkung der Bedeckung und Beschattung des Bodens . . . 259
Nachtheile zu häufiger Beackerung 260
Die Vertiefung der Ackerkrume 260

Seite

Die Düngung.

Begriffsbestimmung des Düngers 263
Wodurch die Fruchtbarkeit der Aecker erhöht wird 264
Düngercapital des Bodens 265
Ueberdüngung des Bodens 266
Periodische Düngung 267
Was in der periodischen Düngung zuzuführen 268
an Aschenbestandtheilen 268
an Kohlenstoff 268
an Wasserstoff und Sauerstoff 269
an Stickstoff 269
Zersetzte und unzersetzte Dungstoffe 274
Aecker von außergewöhnlicher Fruchtbarkeit 275
worauf dieselbe beruht 275
Vergleich zwischen dem zugeführten Dünger und dem vorhandenen Dungcapital 277
Vergleich zwischen dem Gewichte des Düngers und dem der Ackererde 277
In welchem Verhältnisse der Ertrag des Bodens mit der vermehrten Düngerzufuhr steigt 278
Das Verhältniß, in welchem die einzelnen Nahrungsstoffe von den Pflanzen verbraucht werden, verglichen mit demjenigen, in welchem die im Boden vorkommen 279
Bedeutung der einzelnen Nahrungsstoffe für die Vegetation . 281
Menge der Nahrungsmittel, welche zur Bildung der verschiedenen Pflanzen erfordert werden 282
Erschöpfende, schonende und bereichernde Pflanzen 283
Der Stalldünger 285
Entstehungsweise und Zusammensetzung des Stalldüngers 285
Veränderungen, welche Speisen während ihres Durchganges durch den thierischen Körper erleiden 286
Secrete und Excrete 287
Elementare Zusammensetzung der Excremente 287
Analysen der festen und flüssigen Excremente 289
Excrete der Haut und Lunge 291
Vergleich zwischen den Bestandtheilen des Futters und der Excremente 294
Wie sich der Ackerboden während der Cultur ändern muß . 296
Anhäufung von Aschenbestandtheilen im Boden 297
Wie die Aschenbestandtheile auszunutzen 298
Verhältniß des Harns zu den festen Excrementen 300
Zweckentsprechende Behandlungsweise und Verwendung des Stalldüngers 301

Seite

Zersetzung des Düngers 301
Bedeutung der Einstreu 302
Aufbewahrung des Düngers in den Viehställen 303
Behandlung des Düngers in der Dunggrube 304
Verlust während der Zersetzung des Düngers 306
Ob der Dünger im frischen oder im zersetzten Zustande vortheilhafter angewendet wird 307
Quantität der auf einmal zu gebenden Düngung 310
Die gleichmäßige Vertheilung d. Düngers über u. in d. Ackerboden 311
Der Compostdünger 312
Ob der Stalldünger durch ein längeres Liegen auf der Oberfläche des Ackerbodens einen Verlust erleidet 314
Dünger von den verschiedenen Viehgattungen 318
Das Streumaterial 320
Rückblick 322
Die Poudrette 324
Bereitung und Zusammensetzung der Poudrette 325
Der Guano 327
Zusammensetzung des Guanos 327
Wirkungsweise des Guanos 328
Kann der Stalldünger durch andere Mischungen vollkommen ersetzt werden 329
Die Quantität des anzuwendenden Guanos 336
Gefahr des Verlustes vom Guano 337
Vorsicht bei der Anwendung des Guano 338
Künstlicher Guano 338
Das Knochenmehl 338
Bestandtheile des Knochenmehls 339
Wirkung des Knochenmehls 339
Aufschließung des Knochenmehls 340
Saure oder über-phosphorsaure Kalkerde 341
Quantität des anzuwendenden Knochenmehls 342
Zuckerkohle 342
Koprolithen 342
Phosphorit oder Knochenstein 342
Die Rapskuchen 342
Bestandtheile der Rapskuchen 343
Die Rapskuchen als Viehfutter 343
Vorsicht bei der Anwendung als Dünger 344
Malzkeime 344
Der Chilisalpeter 344
Wodurch der Chilisalpeter wirkt 344
Woher es kommt, daß die Erträge eines Bodens durch verschiedene Dungstoffe, jeder für sich angewandt, erhöht werden 345

Seite

Der Chilisalpeter wirkt nicht überall gleich 347
Gebrauchsweise des Chilisalpeters 348
Wirkung des Chilisalpeters bei verschiedener Witterung . . 348
Das schwefelsaure Ammoniak 349
Andere stickstoffhaltende Substanzen 349
Die Asche 350
Werth der verschiedenen Aschen 350
Wirkung der Aschendüngung 351
Zweckmäßige Verwendung der Asche 352
Die Kalkerde 353
Wirkungsweise der Kalkerde 353
Stein- und Mergelkalk 357
Der Post 357
Der Mergel 359
Der Gips 360
Wirkungsweise des Gipses 360
Ob der Gips direct nährend durch seinen Kalkgehalt wirken kann 361
Fixirung des kohlensauren Ammoniaks durch den Gips . . 363
Schwefelsaures Eisenoxydul 367
Düngersalz 367
Die Gründüngung 367
Begriff der Gründüngung 367
Bedeutung der Gründüngung 368
Wo die Gründüngung besonders wirkt 372
Ob die Gründüngung vortheilhaft ist 373
Kosten und Erfolg der Gründüngung 375
Die Strohdüngung 376
Der Samendünger 377
Ueber den Werth der Düngungsmittel und die Methoden seiner Bestimmung 378
Verschiedene Beziehungen des Werthes 378
Werth der Nahrungsmittel für die Ernährung der Pflanzen 379
Werth der einzelnen Dungstoffe auf dem Markte 380
Welche Stoffe dem Boden zuzuführen 381
Bossingault'sche Werthbestimmung 382
Stöckhardt's Werthbestimmung 388
Vegetationsversuche 392
Geldwerth des Stalldüngers 396
Die Bedeckung und Beschattung des Bodens 399
Wirkung der Bedeckung ꝛc. 399
Erklärung dieser Wirkung 400
Der Fruchtwechsel 402
Die Bedeutung der Vorfrucht 403
Die Blattfrüchte und die Halmfrüchte 403

Seite

Erklärung des Fruchtwechsels durch die ungleiche Beschattung ꝛc. des Bodens 403
— — durch die Ernterückstände 405
Die Lupinen als Vorfrucht 406
Die grünabgemäheten Saaten 408
Einfluß des dichten Standes der Saaten 408
Weitere Erscheinungen des Fruchtwechsels 410
Versuche die Erscheinungen des Fruchtwechsels zu erklären . 411
Die Gemengesaaten 415
Die Ruhe des Bodens 416
Die Bedeutung der Ruhe des Bodens 417
Wie die Ruhe des Bodens zu vermeiden 418
Die Brache 419
Bedeutung der Brache 420
Wo die Brache schädlich wirkt 420
Wo die Brache nothwendig ist 421
Wie die Brache zu ersetzen ist 422
Die Wiese. 423
Eigenthümlichkeiten der Wiesen 423
Torf- und Moorwiesen 424
Deren unfruchtbare Eigenschaften 425
Verbesserung derselben 426
Entwässerung derselben 426
Ueberfanden derselben 426
Bewässerung derselben 430
Abgraben derselben 432
Brennen derselben 432
Umkehren der benarbten Oberschicht 432
Bedeutung der Wiesen 432
Düngung der Wiesen 433

Anhang.

Die Gewächse als Nahrungsmittel der Thiere 435
Bedeutung der Nahrungsmittel 436
Stickstofffreie und stickstoffhaltige Nahrungsstoffe 436
Erforderliches Verhältniß derselben im Futter 437
Nahrungswerth der verschiedenen Futtermittel 438
Tabelle über den Gehalt der verschiedenen Futterarten an stickstoffhaltigen und stickstofffreien Nahrungsstoffen 440
Schwierigkeiten der Bestimmung des Nahrungswerthes . . 441
Zusammensetzung der hauptsächlichen Futtermittel 444

Der rationelle Ackerbau

in seiner Begründung

durch

die Ergebnisse der neueren Naturforschung.

Einleitung.

Der Zweck des Ackerbaues ist die Production bestimmter Pflanzenstoffe, welche dem Menschen, theils unmittelbar, theils mittelbar, zur Ernährung, oder zur Befriedigung anderer Bedürfnisse dienen.

Die Pflanzenstoffe sind Verbindungen gewisser Elementarkörper, und ihre Bildung setzt also das Vorhandensein dieser Elementarkörper voraus. Sie besitzen zum Theil selbst eine eigenthümliche Gestalt, und es ist mitunter gerade diese Gestalt, welche ebenso sehr, als die chemische Beschaffenheit, ihre Verwendbarkeit zu den vorliegenden Zwecken bedingt: die langgestreckte, fadenförmige Gestalt der Bastzellen des Flachses und Hanfes, der Baumwollenhaare, ist für ihre Verarbeitung zu den verschiedenen Geweben nicht minder wichtig, als ihre übrigen Eigenschaften.

Wenn aber auch von der eigenthümlichen organischen Structur der zu verwendenden Pflanzenstoffe abgesehen werden kann; ja wenn selbst eine solche Structur gar nicht vorhanden ist: so können dieselben dennoch nur in sehr seltenen Fällen auf andere Weise, als in der Form der pflanzlichen Organismen, dargestellt werden. Wir müssen die ganze Pflanze produciren, wenn es uns auch nur um einen einzigen näheren Bestandtheil derselben zu thun ist.

Wenn Jemand irgend eine in der Natur vorkommende, oder durch Kunst erzeugte, chemische Verbindung darstellen will, so hat er dabei folgenden Weg einzuschlagen. Er betrachtet 1) den vorliegenden Körper als fertig gebildetes Ganze, untersucht seine Eigenschaften, und zerlegt ihn vor allen Dingen in diejenigen

Elementarbestandtheile, aus welchen er zusammengesetzt ist. Er sucht dann 2) diejenigen Verbindungen jener Elemente zu erforschen, welche durch gegenseitige Einwirkung den erwünschten Körper aus sich hervorgehen lassen (die Rohstoffe). Er studirt 3) diejenigen Verhältnisse und Bedingungen, welche nothwendig sind, um jene Einwirkung in der erforderlichen Weise vor sich gehen zu lassen. Nachdem diese drei Punkte festgestellt sind, hat er nur die erkannten Verbindungen der erkannten Elemente unter den gleichfalls erkannten Verhältnissen auf einander einwirken zu lassen, um den fraglichen Körper überall mit Nothwendigkeit entstehen zu sehen.

Ein bestimmtes Beispiel wird das Gesagte mehr verdeutlichen.

Die Oxalsäure ist eine in der Natur häufig vorkommende chemische Verbindung; dieselbe soll künstlich fabricirt werden. Ich untersuche 1) die vorliegende Säure und finde, daß sie aus nur zwei Elementen, dem Kohlenstoff und Sauerstoff, zusammengesetzt ist. Wenn ich nun reinen Kohlenstoff und reinen Sauerstoff mit einander mische, so entsteht nie und nimmer Oxalsäure, sondern es bleiben die genannten Elemente, je nach den obwaltenden Temperaturgraden, entweder unverändert neben einander liegen, oder sie verbinden sich zu Kohlenoxydgas oder Kohlensäure. Es sind also 2) andere Kohlenstoff und Sauerstoff enthaltende Verbindungen ausfindig zu machen, welche sich in der erforderlichen Weise zersetzen. Als solche erweisen sich einige organische, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzte Körper, als Stärke und Zucker einerseits, und andererseits eine aus Stickstoff und Sauerstoff bestehende Säure, die bekannte Salpetersäure. Werden diese beiden Verbindungen bei gewöhnlicher Temperatur mit einander gemischt, so entsteht aber auch noch keine Oxalsäure, und es bleiben daher 3) diejenigen Bedingungen zu erforschen, unter denen die erwünschte Zersetzung vor sich geht. Diese Bedingungen nun sind in einer erhöhten Temperatur gegeben. Werden Stärke oder Zucker bis zu einem bestimmten Temperaturgrade mit Salpetersäure von gewisser Con-

centration erhitzt, so entsteht die zu producirende Oxalsäure mit derjenigen Nothwendigkeit, welche begründet ist in den sich stets gleich bleibenden Kräften und Eigenschaften der Naturkörper, in der ewigen Unwandelbarkeit der Elemente.

Wer nun eine Pflanze erzeugen, d. h. mit möglichster Sicherheit und in möglichster Vollkommenheit sich bilden und entwickeln lassen will, hat, indem er gleichfalls den so eben beschriebenen Weg verfolgt, 1) die Natur der fertig gebildeten Pflanze zu betrachten und diejenigen Bestandtheile zu bestimmen, aus welchen dieselbe zusammengesetzt ist; er hat 2) diejenigen Verbindungen der Elemente zu erforschen, welche von der Pflanze aufgenommen und zu ihrer Entwickelung verwandt werden, d. h. die Nahrungsmittel der Pflanzen. Er hat 3) die Bedingungen kennen zu lernen, unter denen die Nahrungsmittel aufgenommen und assimilirt werden. In praktischer Anwendung des Erkannten hat er alsdann sich nach den Quellen der Nahrungsmittel, deren Beschaffung und nach der Herstellung der zu ihrer Assimilation erforderlichen Bedingungen umzuthun.

Aus den vorangehenden Betrachtungen ergiebt sich folgende, diesem Werke zu Grunde liegende Haupteintheilung:

I. Theil.

1. Abschnitt. Die Gewächse.
   a) Die chemische Zusammensetzung und der innere Bau der Gewächse.
   b) Die Nahrungsmittel der Gewächse.
   c) Bedingungen für die Assimilation der Nahrungsmittel.
2. Abschnitt. Die von der Natur für die Entwickelung der Gewächse dargebotenen Stoffe und Verhältnisse.
   a) Der Ackerboden.
   b) Die atmosphärische Luft.

II. Theil. Der Ackerbau; die zweckmäßigste und vortheilhafteste Beschaffung und Benutzung aller für die Erzeugung von Pflanzen erforderlichen Substanzen und Verhältnisse (Beackerung, Düngung ꝛc.).

Die Wissenschaft des Ackerbaues in ihrer gegenwärtigen Ausbildung ist theilweise auf dem Ackerboden, theilweise in dem Laboratorium des Naturforschers, namentlich des Chemikers, entstanden. Aus der Beobachtung einer Reihe von Thatsachen und Erscheinungen ergiebt sich das denselben zu Grunde liegende gemeinsame Gesetz, aus der Erfahrung die Theorie. Die wahre Theorie ist immer die Folge, der allgemeine Ausdruck der Erfahrung; es giebt keine Theorie ohne Praxis. Diejenige Theorie aber, welche nicht aus der Erfahrung hervorgegangen ist, oder welche sich gar mit der Erfahrung im Widerspruch befindet, ist keine wahre Theorie, sondern ist Speculation, ist Phantasie. Wenn ich so eben gesagt habe, daß es keine Theorie giebt ohne Praxis, so bezieht sich das auf die Entstehung, die Entwickelung der Theorie. Die fertig gebildete Theorie, die Wissenschaft behauptet dann allerdings eine gewisse selbstständige Existenz der Praxis gegenüber, insofern man sich in den Besitz derselben setzen kann, ohne selbst vorher alle die Erfahrungen wiederholt und durchgemacht zu haben, aus welcher sie hervorgegangen ist. Von diesem Gesichtspunkte aus mag es allerdings einen reinen Theoretiker geben, so wie man sich einen reinen Praktiker denken kann. Nur kann sich der erstere nie und nimmer mit den Erfahrungssätzen im Widerspruch befinden; im Besitze des allgemeinen Gesetzes leitet er die Erscheinungen, welche dem Gesetze seine Entstehung gegeben, daraus ab, und berechnet mit Sicherheit die Folgen seines Handelns. Es ist zwar gesagt, daß die Theorie, die Wissenschaft, aus der Praxis hervorgegangen ist; daraus folgt aber keinesweges, daß der einzelne Mensch sich durch die Praxis allein in den vollen Besitz der Theorie setzen kann. Denn diese letztere ist der Ausdruck der Summe aller Erfahrung, welche zu wiederholen dem Einzelnen natürlich nicht möglich ist. Und wer wollte sich auch zu tausend Schlössern tausend Schlüssel anzufertigen versuchen, wenn der alle öffnende Hauptschlüssel ihm geboten wird!

Man findet in den neueren Werken und Schriften über Acker-

bau sehr häufig die Ausdrücke Theorie und Praxis einander gegenübergestellt, ohne immer den richtigen Begriff mit ihnen verbunden zu sehen. So hat man sich unter anderem die Gegensätze verbildlicht durch die Darstellung eines chemischen Laboratoriums einerseits, und der Arbeiten des Ackerbaues anderseits. Eine solche Darstellung entspricht weder allgemein noch speciell (auf den Ackerbau bezogen) genommen der Bedeutung jener Ausdrücke; sie ist sehr geeignet, der häufig anzutreffenden irrigen Vorstellung, welche in der Agriculturchemie nur der thatsächlichen Begründung entbehrende Theorien sieht, und welche unter Theorie des Ackerbaues nur jene Lehren der Agriculturchemie begreift, unerwünschten Vorschub zu leisten. In dem chemischen Laboratorium entstehen die Theorien ebensowohl aus dem praktischen Versuch, wie auf dem Felde; und die Theorie des Ackerbaues geht sowohl aus der Praxis, den Erfahrungen des letzteren als des ersteren hervor: die Wissenschaft des Ackerbaues kann nur durch die gleichlaufenden Versuche und Beobachtungen in den chemischen Laboratorien und auf dem Felde gefördert werden; diese müssen sich ergänzen, stehen aber nicht einander gegenüber, wie Theorie und Praxis.

„Die Theorie mit der Praxis in Einklang zu setzen", ist eine in neuerer Zeit wiederholt ausgesprochene Forderung, ist als das Ziel hingestellt, dem mit vereinten Kräften nachgestrebt werden müsse und von welchem zunächst das Heil der Landwirthschaft zu erwarten sei. Wenn man unter dieser Forderung so viel verstanden wissen will, daß die ausübenden Ackerwirthschaften ihre Arbeiten und Verrichtungen möglichst nach den Vorschriften und Lehren der Wissenschaft regeln sollen, so läßt sich dagegen allerdings nichts einwenden. Wenn man aber damit hat sagen wollen, daß die Theorie, die Lehren der Wissenschaft, mit den Erfahrungen der ausübenden Landwirthschaft in Uebereinstimmung gesetzt werden sollen, so muß wiederholt daran erinnert werden, daß die wahre Theorie, da sie nur aus der Erfahrung, der Praxis, hervorgegangen ist, sich nicht mit derselben in Widerspruch befinden kann.

Die Wissenschaft des Ackerbaues ist eine empirische Wissenschaft, d. h. sie ist hervorgegangen aus der Beobachtung der Erscheinungen und Thatsachen, aus der Erfahrung; daraus folgt, daß dieselbe kein abgeschlossenes, fertiges Ganze darstellt. Die Erfahrung schreitet fort und wird ewig fortschreiten, und gleichmäßig mit ihr die Wissenschaft. Das aus einer Reihe von Thatsachen abgeleitete Gesetz, die Theorie, ist offenbar um so sicherer, je größer die Reihe jener Thatsachen ist. Aus tausendjähriger Erfahrung leiten wir das Gesetz ab, daß der Mensch sterblich ist, und stellen dasselbe als unumstößliche Wahrheit hin, so lange keine Thatsache ihr widerspricht. Wie groß aber auch immer die Zahl der einer Theorie zu Grunde liegenden Thatsachen sein mag, die Theorie fällt unwiderruflich, sobald *eine einzige* sichere Beobachtung, eine einzige neu entdeckte Erscheinung ihr entgegen tritt und nicht mit ihr in Einklang zu setzen ist. Andererseits erhält die Theorie eine bedeutende Sicherheit dadurch, daß die Folgerungen, welche aus derselben gezogen werden können und müssen, sich durch das Experiment, als mit der Wirklichkeit in Uebereinstimmung befindend, erweisen. Wir leiten z. B. aus einer Reihe von Beobachtungen das Gesetz ab, daß das Licht zur Erzeugung der grünen Farbe der Pflanzen nothwendige Bedingung sei. Nehmen wir das Gesetz als wahr an, so folgt daraus, daß die vor dem Licht geschützten Pflanzentheile keine grüne Farbe annehmen können. Wir machen das Experiment, finden das Gesetz durch den Erfolg bestätigt, und führen es hinfort mit um so größerer Sicherheit auf.

Der Ackerbau ist schon sehr alt; aber die Zeit, wo der Ackerbautreibende begonnen hat, mit Reflexion zu beobachten, die beobachteten Thatsachen mit einander durch das gemeinsame Gesetz in Verbindung zu bringen, und dadurch die Wissenschaft des Ackerbaues zu begründen, liegt noch nicht so gar fern von unserer heutigen Zeit. Daß daher noch manche Theorien, welche der Summe der *bisher* gesammelten Beobachtungen vollkommen entsprechen, durch die fortschreitende Erfahrung sich als unhaltbar

erweisen werden, darf nicht bezweifelt werden. Das liegt in der Natur der Sache und kann Niemandem zum Vorwurf gemacht werden. Wohl aber giebt es ein verwerfliches Treiben, welches nicht genug gegeißelt werden kann; ich meine das Streben, Gesetze, Theorien aufzustellen *ohne* begründende *sichere* Beobachtungen und Thatsachen, oder doch wenigstens ohne die gehörige Anzahl derselben. Eine Theorie sollte mit Berechtigung immer nur dann erst aufgestellt werden, wenn *alle* bekannten Thatsachen, *alle* zugänglichen Beobachtungen sie unterstützen. Daß hier nicht immer mit der gehörigen Gewissenhaftigkeit verfahren, läßt sich leider nicht leugnen, und namentlich sind auch mitunter aus einseitigen Beobachtungen und Entdeckungen „in den Laboratorien und Studirzimmern" für den Ackerbau sogenannte Theorien geliefert, welche durch die, ungerechtfertigter Weise unterlassenen, Beobachtungen auf den Aeckern schon im Keime erstickt worden wären. Solche Theorien, welche das Bedürfniß haben, mit dem *vorliegenden*, *vorhandenen* Schatze der Erfahrungen und Thatsachen verglichen und in Uebereinstimmung gesetzt zu werden, entsprechen eben, wie gesagt, dem Begriffe der wahren Theorie *nicht*; sie haben der Verbreitung der Wissenschaft viel geschadet, und unbegründetes Mißtrauen gegen jede Theorie hervorgerufen. —

Die Wichtigkeit des Ackerbaues liegt so klar zu Tage, daß darüber keine Worte weiter zu verlieren sind; und wer dieselbe zuvor in ihrer ganzen Größe noch nicht deutlich erfaßt hatte, dem ist sie durch die theilweise Mißernte der letzten Jahre in grellen Bildern vorgeführt worden.

Daß der Ackerbau sich noch nicht auf dem Gipfel der vollkommenen Ausbildung befindet, daß er von diesem Ziele sogar noch ziemlich weit entfernt ist, daß unsere Aecker weit mehr Nahrungsmittel produciren könnten, als sie augenblicklich produciren, wird ebenfalls von keinem Kundigen bestritten werden.

Der Ackerbau aber kann nach dem vorher Gesagten auf sicherer Bahn nur gefördert werden durch Beobachtungen, durch Versuche. Die Ausführung solcher, sowohl in den Laboratorien als auf dem

Felde anzustellenden, Versuche sind aber meist mit einem nicht geringen Aufwande von Kosten, von Zeit und Mühe verbunden; und sie kann daher in genügendem Maße von dem Einzelnen nicht erwartet werden. Um so mehr steht es zu hoffen, daß die Regierungen, in richtiger Würdigung des gemeinsamen, alle Staatsbürger berührenden Interesses, für die Förderung des Ackerbaues, oder, was dasselbe ist, für die Vermehrung der Production von Nahrungsmitteln, durch Anlegung zweckentsprechender Versuchsstationen und Versuchswirthschaften sorgen werden. Die dafür aufzuwendenden Kosten sind verhältnißmäßig gering und werden sehr bald tausendfache Zinsen tragen.

Die Gewächse.

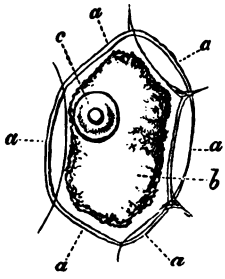
Ueber die chemische Zusammensetzung und den inneren Bau der Gewächse.

Das Grundorgan aller Pflanzen und Thiere ist die Zelle. Bestehend aus einer, einen verschiedenen Inhalt umschließenden Membran, ist sie den Wachszellen der Bienen, denen sie ihren Namen verdankt, theils ziemlich ähnlich, theils sehr unähnlich. Ebenso ungleich wie ihre Gestalt ist ihre Größe, und während die meisten nur durch starke Vergrößerung guter Mikroskope deutlich wahrgenommen werden können, giebt es manche, deren Größe nach Zollen, ja nach Fußen gemessen werden kann. So besteht z. B. die Faser des Flachses nur aus einer einzigen langgestreckten Zelle.

Die Zellen sind die Bausteine der Organismen; ihre ungleiche Gestalt, besonders aber ihre Kleinheit macht es möglich, aus ihnen die verschiedenartigsten Formen der Wurzel, des Stammes, der Zweige, der Blätter und Blüthen aufzubauen.

Betrachten wir zunächst die einzelne Zelle für sich, so unterscheiden wir an derselben sofort die umschließende Membran und den von ihr umschlossenen Inhalt. Dieser letztere besteht in allen lebenden Zellen erstens aus einer Flüssigkeit, einer Auflösung von Zucker, Dextrin, Schleim, Gummi, Eiweiß, verschiedener Salze ꝛc. in Wasser; zweitens aus festen Stoffen, bestehend aus Stärkemehl, Chlorophyll oder Blattgrün, unlöslichen Salzen und dem Zellenkern; drittens aus flüssigen oder schleimigen, in Wasser unlöslichen Substanzen, den Oelen und dem Protoplasma (Stickstoffschleim). Die umschließende Membran besteht aus einer äußeren, am stärksten entwickelten stickstofffreien, und

Fig. 1.



einer inneren ſehr zarten ſtickſtoffhaltigen Schicht, dem Primordialſchlauch, oder Stickſtofffſchlauch (Fig. 1). Die erſtere beſteht meiſt, im jugendlichen Zuſtande ausſchließlich, aus Zellſtoff, einer biegſamen, elaſtiſchen Maſſe, welche periodiſch abgelagert wird, und daher unterſcheidbare Schichten bildet. Dieſer Zellſtoff wird in manchen Geweben ſpäter theilweiſe in Holzſtoff oder Kork umgeändert, wodurch ihre zarte, für Waſſer und wäſſerige Löſungen leicht durchdringbare Beſchaffenheit aufgehoben wird. Die jüngſte, innerſte, an den Primordialſchlauch angrenzende Schicht bleibt, ſo lange die Zelle überhaupt lebensfähig iſt, aus reinem Zellſtoff beſtehend. Die Dicke der auf die primäre Wandung abgelagerten Schichten iſt ſehr verſchieden; ſie iſt in vielen Fällen, und namentlich bei den Zellen beſtimmter Gewebe, ziemlich ſchwach, nimmt dagegen in anderen Fällen ſo ſtark zu, daß ſie die innere Höhlung der Zellen bis auf ein geringes Lumen verdrängt. Die Verdickung geſchieht nicht immer gleichmäßig auf die ganze innere Fläche der primären Membran, ſondern verſchont häufig gewiſſe Stellen, welche ſich dann als Löcher oder Spalten in den Verdickungsſchichten darſtellen. Erſtere nennt man Poren, und wenn ſie eben ſolchen Löchern der angrenzenden Zellen gegenüberſtehen, Porenkanäle (Fig. 2). Tüpfel (Fig. 3) nennt man die Poren-

Fig. 2.

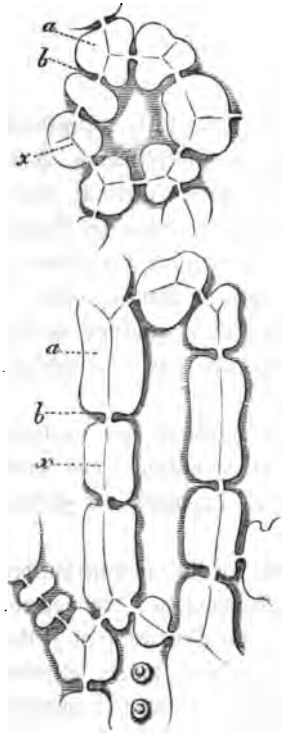


Fig. 1. Eine Zelle aus der Wurzel von Himantoglossum hircinum mit den Wänden benachbarter Zellen; *a* die Zellwand, *b* der Primordialſchlauch, *c* der Zellenkern (200mal vergrößert).

Fig. 2. Zellen aus dem Sameneiweiß der Dattel im Querſchnitt und im

kanäle, wenn die beiden ſie trennenden Membranen auseinanderweichend einen blaſenförmigen Raum zwiſchen ſich laſſen. Die Anordnung der Verdickungsſchichten und Spalten bedingt ferner das verſchiedene Ausſehen derjenigen Zellen, welche man als Treppen-, Spiral-, Ring-, Netz-Gefäße beſchreibt (Fig. 4, 5, 6). Die Spalten und Poren

Fig. 3.

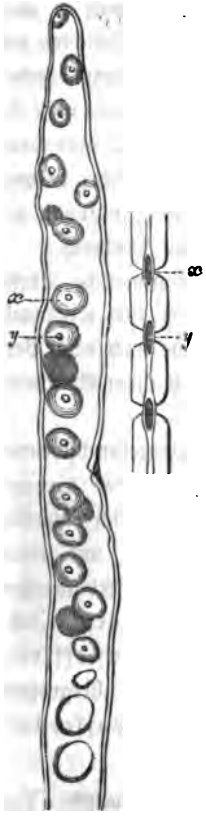


Fig. 4.

Fig. 5.

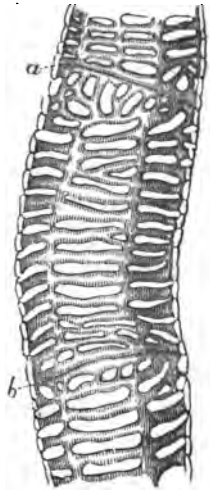
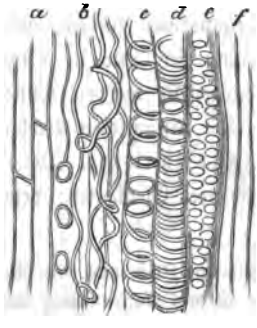


Fig. 6.



Längsſchnitt; *a* die ſtark verdickten Partien der Zellwandung, *b* die Porenkanäle, *x* die Trennungslinie der beiden ſich berührenden Zellen (400mal vergrößert).

Fig. 3. *A* Theil einer iſolirten Holzzelle der Kiefer; *x* der Tüpfelraum, *y* der Porenkanal des Tüpfels, von oben geſehen. *B* Partie zweier Holzzellen im Längsſchnitt gegen die Markſtrahlen.

durchsetzen stets nur die Verdickungsschichten, niemals die primäre, d. h. die zuerst gebildete, älteste Schicht. Die lebende, Saft führende Zelle ist überall von einer nirgend durchlöcherten Zellstoff-Membran umkleidet. Ebenso undurchlöchert ist die innerste stickstoffhaltige Membran, der Primordialschlauch. Er ist die älteste, zuerst entstandene Hülle der Zelle, und vermittelt auf seiner Außenseite die Bildung und Ablagerung sowohl der primären Zellstoff-Membran, als der späteren Schichten. Selbst verdickt er sich nicht, sondern behält eine so zarte Beschaffenheit, daß er, sich dicht an die inneren Zellstoffschichten anlegend und in die Spalten und Poren einsenkend, nicht erkannt werden kann. Er tritt erst als selbstständige Membran hervor, wenn man ihn durch gewisse chemische Reagentien sich zusammenziehen läßt, oder wenn er aus der zerrissenen Zellstoff-Membran zufällig unversehrt hervortritt. In beiden Fällen sieht man ihn deutlich den ganzen Inhalt der Zelle umschließen, und erkennt ihn als continuirlichen Schlauch.

In den Zellenmembranen finden sich auch unorganische Stoffe abgelagert, namentlich zeigt die Oberhaut der Gräser und Schachtelhalme einen bedeutenden Gehalt an Kieselerde, welche nach dem Verbrennen der Pflanzentheile zurückbleibend, häufig noch ihren Bau deutlich zeigt. —

Die im Vorhergehenden aufgeführten, die Pflanzenzellen bildenden chemischen Verbindungen sind entweder verbrennlich oder unverbrennlich. Erstere nennt man organische, weil sie sich entweder nur in Organismen finden, oder doch wenigstens einzig und allein aus anderen, sich nur in Organismen vorfindenden Verbindungen künstlich dargestellt werden können; letztere dagegen unorganische (Asche). Die organischen Verbindungen zerfallen in stickstofffreie und in stickstoffhaltige. Die stickstofffreien bestehen zum allergrößten Theile aus drei Elementen: dem Kohlenstoff, dem Wasserstoff

Fig. 4. Eine Zelle aus dem Gefäßbündel von Mamillaria stellaris. Das Spiralband ist hier plattenförmig ausgebildet (200 mal vergrößert).

Fig. 5. Ein kleiner Theil eines netzförmig verdickten Gefäßes der wilden Balsamine (Impatiens noli tangere); *a* und *b* die Grenze der Zellen, aus denen dieser Theil des Gefäßes besteht (200 mal vergrößert).

Fig. 6. Längsschnitt durch ein Gefäßbündel aus dem Centrum des Stengels von Limodorum abortivum; *a* das innere Gewebe des Stengels, *b*, *c*, *d*, *e* Zellen des Gefäßbündels, welche sich im Alter folgen, *f* Cambiumzellen.

und dem Sauerstoff. In den stickstoffhaltigen gesellt sich zu diesen dreien der Stickstoff (Schwefel und Phosphor).

Zu den wichtigsten stickstofffreien Verbindungen des Pflanzenreiches gehören der Zellstoff, die Stärke, der Zucker; alle drei, wie verschieden auch immer in ihrer Erscheinung, doch nahe mit einander verwandt und in einander übergehend. Schwefelsäure führt den Zellstoff über in Stärke, und diese wiederum in Zucker. Die Zwischenstufe zwischen Stärke und Zucker bildet das Dextrin. Es ist wahrscheinlich, daß im Vegetationsproceß umgekehrt der Zellstoff aus Zucker und Dextrin gebildet werde.

Der Zellstoff bildet, wie schon erwähnt, hauptsächlich die Wand der Zellen; er hat in der Technik eine große Bedeutung durch die Bastzellen. Die Hanf- und Leinfaser, die Baumwolle (Leinewand, Papier) bestehen aus fast reinem Zellstoff.

Die Stärke macht einen Hauptbestandtheil aller unserer vegetabilischen Nahrung aus. Sie findet sich in den Zellen bestimmter Gewebe, in vorzüglicher Menge in den Kartoffeln (Fig. 7), den Ge-

Fig. 7.

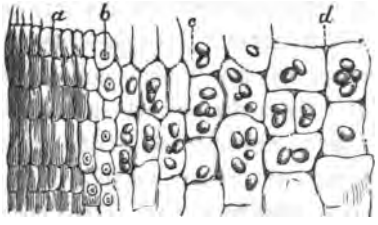


Fig. 8.

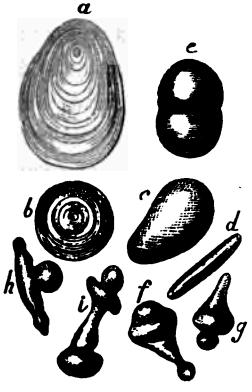


Fig. 7. Längsschnitt durch das Rindengewebe einer jungen Kartoffelknolle; *a* der Kork, *b* die Zellen, durch welche sich derselbe fortbildet, *c* Nahrungsgewebe mit Stärkemehlkörnern erfüllt, *d* Intercellularraum (50mal vergrößert).

Fig. 8. Stärkemehlkörner bei 200—300maliger Vergrößerung; *a* aus der Kartoffel, *b* westindischer Arrow-root, *c* u. *d* aus Curcuma Zedoaria, *c* von der Seite gesehen als platte Scheibe, *e* aus der Sarsaparillwurzel, *f* u. *g* aus der Knolle von Himantoglossum, *h* u. *i* aus der Bastzelle von Euphorbia antiquorum.

treidekörnern und dem Mark einiger Palmen (Sago), als verschieden gestaltete, mehr oder weniger rundliche Körner, welche, da sie durch periodische Ablagerungen gebildet werden, eine deutliche Schichtung zeigen (Fig. 8). Bei der Stärkefabrication werden die Zellen zerrissen und so die Körnchen frei gemacht, welche dann vermittelst Auswaschens durch ein feines Haarsieb oder Tuch von den zerrissenen Zellen und den übrigen festen Bestandtheilen (Kleber im Weizen) getrennt werden. Die große Bedeutung des Stärkemehls und der enorme technische Verbrauch desselben ist allgemein bekannt. Der Stärkezucker und der Alkohol (Spiritus, Branntwein) werden ausschließlich aus ihm gewonnen. Unter dem Mikroskope erkennt man die Stärke einmal an ihrer Gestalt, besonders aber durch die schöne blaue Farbe, welche sie durch Jod-Tinctur befeuchtet annimmt. Da, wie oben gesagt, der Zellstoff durch Schwefelsäure in Stärke verwandelt wird, so erkennt man dessen Gegenwart in der Zellwand durch die blaue Färbung, welche dieselbe durch Jod und Schwefelsäure, aber nicht durch Jod allein, annimmt. — Der Stärke verwandt, jedoch von nur geringer Bedeutung, ist das in einigen Pflanzen vorkommende Inulin und Lichenin (ersteres besonders in Georginen-Knollen, letzteres im isländischen Moos vorkommend).

Der Zucker kommt in dem Zellsafte vieler, vielleicht aller Pflanzen vor. Man unterscheidet drei Arten desselben: den Rohrzucker, den Traubenzucker und den Fruchtzucker. Die erstgenannte Art hat als Nahrungsmittel des Menschen eine hohe Bedeutung gewonnen; sie wird meist schlechthin Zucker oder Rohrzucker genannt, und aus dem Zuckerrohr, der Runkelrübe und einigen Ahorn-Arten fabrikmäßig gewonnen. Der Rohrzucker kommt außerdem noch in der Mohrrübe, in den Kürbissen, Melonen und anderen Früchten vor. Seine schönen großen Krystalle sind als Kandiszucker bekannt. — Der Traubenzucker findet sich ebenfalls in dem Safte vieler Früchte; er bildet nur kleine undeutliche Krystalle und ist von weit weniger süßem Geschmack als der Rohrzucker. Der weiße Ueberzug der Rosinen, Feigen und gebackenen Pflaumen besteht aus ihm. Dieser Zucker ist identisch mit dem fabrikmäßig aus der Stärke, durch Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure, dargestellten Stärkezucker, welcher nur wenig zum Versüßen der Speisen, wohl aber in bedeutenden Quantitäten in der Bier- und Weinfabrication verbraucht wird. Er bewirkt hier, vor der Gährung zugesetzt, eine Erhöhung des Alkoholgehaltes. — Der Fruchtzucker ist

vollkommen unkrystallisirbar; er kommt in den sauren Früchten vor. Auch wird der Rohrzucker durch Säuren in ihn verwandelt. Alle drei Zuckerarten zerfallen durch die Einwirkung der Hefe in Alkohol und Kohlensäure.

Das Dextrin ist ein dem Gummi arabicum in seinen Eigenschaften sehr ähnlicher Stoff, und wird auch technisch (in der Färberei, Zeugdruckerei ꝛc.) statt desselben verbraucht. Es kommt in dem Zellsaft gelöst vor, wird aber hieraus nicht im Großen gewonnen, sondern aus der Stärke, durch Erhitzen bis zu einer bestimmten Temperatur, oder durch Behandlung derselben mit verdünnter Salpetersäure oder Malzauszug, dargestellt.

Das arabische Gummi schwitzt aus einigen Acacien-Arten aus, und wird an den Bäumen gesammelt. Obwohl dem Dextrin sehr ähnlich, unterscheidet es sich doch dadurch wesentlich von demselben, daß es nicht, wie jenes, durch Behandlung mit Schwefelsäure oder Malzauszug in Zucker übergeführt wird. — Verschieden von ihm ist das Gummi, welches aus der zerrissenen Rinde der Kirsch- und Pflaumenbäume hervorquillt, und das Traganthgummi, welches im Orient aus gewissen Astralagus-Arten gewonnen wird.

Der Mannit (Manna) kommt ebenfalls im Safte vieler Pflanzen gelöst vor. Er wird im Süden aus Eschen-Arten gewonnen, und ist außerdem besonders in den Zwiebeln, im Sellerie und in den Runkelrüben enthalten. Man reiht ihn seines süßlichen Geschmackes halber gewöhnlich den Zucker-Arten an, von denen er sich aber sehr wesentlich dadurch unterscheidet, daß er mit Hefe in Berührung keinen Alkohol liefert.

Pflanzenschleim nennt man, bis jetzt noch wenig bestimmte, Stoffe, welche sich in manchen Pflanzen, besonders in dem Leinsamen, finden, und beim Kochen derselben in Wasser deren äußerst zähe, schleimige Beschaffenheit bedingen.

Die Pflanzengallerte (Pectinstoffe) ist ein sehr verbreiteter Stoff, welcher besonders in den fleischigen Früchten, den Stachelbeeren, Johannisbeeren, Himbeeren, den Aepfeln und Birnen, den Mohrrüben, Runkelrüben ꝛc. in großer Menge vorkommt und die Bereitung der Fruchtgelées bedingt. Man unterscheidet mehrere in einander übergehende Verbindungen, namentlich Pectose, Pectin (Pectase), Pectosinsäure und Pectinsäure. Die Pectose geht beim Reifen der Früchte

über in Pectin, einen löslichen Stoff; auf diesen wirkt die Pectase, eine sich gleichzeitig in den genannten Früchten vorfindende Substanz, fermentähnlich ein, und führt ihn bei hinreichend warmer Temperatur über in Pectosinsäure (und weiter in Pectinsäure). Die Pectosinsäure ist in siedendem Wasser leicht löslich, in kaltem Wasser aber unlöslich, und scheidet sich darin gelatinös aus. Der Zucker, den man bei der Gelébereitung dem Safte zusetzt, hat an der Gallertbildung keinen Antheil, wie man häufig unrichtiger Weise annimmt. Der Fruchtsaft darf Zwecks der Gelébereitung nicht rasch bis zum Sieden erhitzt werden, weil bei dieser Temperatur die Wirkung der Pectose, wie diejenige aller Fermente, zerstört wird.

Das Chlorophyll oder Blattgrün, welchem alle grünen Pflanzentheile ihre Farbe verdanken, kommt meist in kleinen rundlichen, an ihrer Oberfläche grün gefärbten, Körnchen in den Zellen abgelagert vor. Seine Bildung ist abhängig von der Einwirkung des Lichtes. Vor dem Lichte geschützt behalten die Pflanzen, so lange sie überhaupt unter diesen Umständen vegetiren können, ein bleiches Aussehen (z. B. die Spargel, so lange sie unter der Erde wachsen, oder über derselben mit einem dunklen Glase bedeckt sind). Die Kartoffeln werden, längere Zeit dem Lichte ausgesetzt, grün; eine Mohrrüben-Varietät wächst mit ihrer Wurzel ein Ende oberhalb der Erde hervor; dieser Theil wird grün gefärbt und hat der Rübe den Namen der grünköpfigen gegeben. In den genannten Fällen haben sich die dem Lichte ausgesetzten Stärkemehlkörner an ihrer Oberfläche in Chlorophyll verwandelt. Dieses Verhältnisses halber ist das Chlorophyll schon hier aufgeführt, obgleich es nicht ganz stickstofffrei ist. — Es giebt in den Pflanzen noch eine große Reihe von Farbstoffen, welche, da sie für die Entwickelung der Gewächse im Allgemeinen von keiner erkannten Bedeutung sind, hier übergangen werden müssen. Die wichtigsten derselben sind, um sie wenigstens mit Namen zu nennen: der Krapp, aus der Wurzel der Färberröthe; Lakmus, Orseille, aus verschiedenen Flechten; Indigo, aus den verschiedenen Indigpflanzen; Hämatin, aus dem Blauholz; die Farbstoffe des Saflors, des Waus, des Fernambukholzes, des Orleans, des Sandelholzes ꝛc.; endlich das Carotin, der rothe Farbstoff der Mohrrüben.

Die fetten Oele sind bekanntlich in Wasser unlöslich, sie finden sich im Zellsafte im Zustande der mechanischen Vertheilung, der

Emulsion; unter dem Mikroskope erscheinen sie als Tropfen verschiedener Größe. Sie finden sich in großen Quantitäten in den Samen der Mandeln und der zum Zweck ihrer Gewinnung angebauten Oelpflanzen. Die Fette bestehen aus den Fett-Säuren (vorzüglich aus Stearin- und Elain-Säure) in Verbindung mit einer Basis, dem Glycerin. Die Alkalien, als stärkere Basen, zersetzen die Fette, indem sie sich an Stelle des Glycerins mit den Fett-Säuren verbinden; man nennt diese Verbindungen Seifen.

Die ätherischen Oele sind es, denen die Pflanzen zunächst ihre eigenthümlichen Gerüche verdanken. Sie finden sich vorzugsweise in den Blüthen angehäuft, kommen aber auch in allen übrigen Pflanzentheilen vor. Die wichtigsten von ihnen sind das Terpentinöl, welches aus den Coniferen, besonders aus den Fichten und Lärchen gewonnen wird, denen es aus künstlich gemachten Einschnitten mit einem Harze, dem Kolophon, in Lösung entfließt. Das Citronenöl, Bergamottöl, Pomeranzenöl werden aus den Schalen der entsprechenden Pflanzen erhalten. Ihnen schließt sich die große Reihe der wohlriechenden ätherischen Oele an, welche, theils im reinen Zustande, theils als Tincturen und Wässer, im Handel vorkommen. Ein bei gewöhnlicher Temperatur festes ätherisches Oel ist der Kampher.

Die Harze treten in manchen Pflanzen sehr reichlich auf; sie sind alsdann meist, aufgelöst in ätherischem Oel, in besonderen Zwischenräumen zwischen den Zellen, den sogenannten Harzgängen (der Coniferen) abgelagert. Der Terpentin ist, wie schon erwähnt, eine Auflösung des Kolophonharzes in Terpentinöl. Wird derselbe durch Anwendung von Hitze gewonnen, so nennt man ihn Theer. Die schwarze Farbe desselben rührt von kohligen Beimengungen her; durch Kochen wird aus ihm das Terpentinöl entfernt, und das Harz bleibt als Pech zurück.

Wachsartige Stoffe finden sich nur in geringer Menge in den Pflanzen; bisweilen bilden sie einen sehr dünnen Ueberzug über die Früchte (der blaue Anflug der Pflaumen). Die Bienen besitzen die Fähigkeit, das Wachs aus Zucker zu bereiten.

Das Kautschuk findet sich in dem Milchsafte vieler Pflanzen in fein vertheilter Suspension; es wird daraus durch Eintrocknen in dem Zustande, wie es im Handel vorkommt, gewonnen. Dadurch, daß man den Saft auf Lehmformen aufträgt und trocknen läßt, erhält man die bekannten birnförmigen Gummiflaschen ꝛc. — Die Gutta-Percha

wird aus gewissen Bäumen in ganz ähnlicher Weise, wie das Kautschuk, gewonnen.

Die Bitterstoffe und sogenannte Extractivstoffe, welche in den verschiedenen Pflanzensäften aufgelöst vorkommen, sind bis jetzt noch zu wenig genau untersucht und bestimmt: sie müssen daher hier übergangen werden.

Die wichtigsten Pflanzensäuren, welche sich theils in löslichen Verbindungen im Zellsafte, theils in unlöslichen Verbindungen krystallinisch abgelagert finden, sind: die Oxalsäure, die Aepfelsäure, die Weinsäure, die Citronensäure, die Gerbsäure.

Die bis hier aufgeführten organischen Verbindungen sind fast sämmtlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in den verschiedensten Mischungsverhältnissen zusammengesetzt. Nur unter den ätherischen Oelen finden sich solche, welche allein aus Kohlenstoff und Wasserstoff zusammengesetzt sind; die Oxalsäure besteht aus Kohlenstoff und Sauerstoff. — Das Chlorophyll und der Indigo enthalten außer den drei aufgeführten Elementen noch Stickstoff, das Senföl Stickstoff und Schwefel. — Es mögen nun die bedeutendsten stickstoffhaltigen Pflanzenstoffe folgen.

Die organischen Basen oder Alkaloide kommen häufig in dem Milchsafte der Pflanzen vor, und sind großentheils sehr starke Gifte. Es gehören dahin: das Morphin, Strychnin, Nicotin, Coniin, Chinin, Caffein oder Thein.

Eine sehr große Bedeutung für die Entwickelung der Organismen besitzen die Proteinstoffe; sie sind in denselben überall verbreitet, und bei jedem Wachsthum, jeder Neubildung unmittelbar thätig. Die wichtigsten dieser Stoffe sind das Albumin oder Eiweiß, das Pflanzenfibrin, der Pflanzenleim und das Legumin oder Pflanzenkäsestoff. Man nimmt an, daß ihnen allen eine gemeinsame Verbindung, das Protein zu Grunde liegt; sie sind den im Thierreich vorkommenden entsprechenden Stoffen sehr ähnlich, wo nicht gleich. Das Albumin erhält man aus zerschnittenen oder zerriebenen Kartoffeln, die man mit Wasser auswäscht, worin sich das Eiweiß löst. Erhitzt man die Lösung bis etwa 60°, so scheidet sich das Eiweiß in Flocken aus und ist nunmehr unlöslich in Wasser geworden. Auf ähnliche Weise erhält man es aus dem Weizenmehl. Wäscht man dieses, nachdem es zum Teig angerührt, wiederholt mit Wasser aus,

so entfernt man dadurch das Eiweiß, und mit ihm die übrigen löslichen Stoffe nebst dem größten Theile der Stärke und des Zellstoffs; es bleibt eine sehr elastische, fadenziehende Masse zurück, welche man dieser ihrer Eigenschaften halber Kleber nennt, und welche hauptsächlich aus Pflanzenfibrin und Pflanzenleim besteht. Das Legumin ist ein dem thierischen Käse entsprechender Stoff der Hülsenfrüchte (Erbsen, Linsen, Bohnen). Die Proteinstoffe bilden die stickstoffhaltigen Nahrungsmittel der Thiere; Pflanzentheile, in denen sie fehlen, können das Leben derselben nicht unterhalten. — Die in Zersetzung begriffenen Proteinsubstanzen wirken umändernd auf viele stickstofffreie Verbindungen ein. Man nennt alle solche Substanzen, welche sich in diesem Zustande befinden, Fermente; sie bewirken Zersetzungen und Umwandlungen, ohne selbst mit den davon betroffenen Stoffen, oder ihren Zersetzungsprodukten, in Verbindung getreten zu sein; und man hat daher ihre Wirkung, welche durch die bloße Berührung eingeleitet zu werden scheint, Contactwirkung genannt. Der wässerige Auszug gekeimter Gerste ändert die Stärke binnen kurzer Zeit in Dextrin und Zucker um. Die allbekannte Hefe zersetzt den Zucker in Alkohol und Kohlensäure, und den Alkohol bei fortdauernder Einwirkung in Essigsäure. Faulende Proteinsubstanzen (Fleisch, Eiweiß, Käse) wirken ebenso. Die süßen Säfte der Früchte gerathen sich selbst überlassen sehr bald in Gährung: zuerst gehen die überhaupt sehr leicht veränderlichen Proteinsubstanzen in Zersetzung über, und theilen dieselbe alsdann dem Zucker mit; entfernt man erstere aus dem frischen Safte, so kann man ihn lange unzersetzt aufbewahren. Die Wirkung der Fermente ist abhängig von einer gewissen Temperatur. Unter dem Einfluß des Käsestoffes geht der Milchzucker der Milch in Milchsäure über und veranlaßt ihr Gerinnen. Auch der Zucker zerfällt unter gewissen Bedingungen durch die Einwirkung faulender Proteinstoffe in Milchsäure und eine fette Säure, die Butterfäure, welche, wie ihr Name andeutet, fertig gebildet sich in der Butter vorfindet. Die Wirkung der Fermente, obgleich sehr verbreitet, ist dennoch nicht gehörig aufgeklärt. Die Hefe ist selbst eine Pflanze, ein einzelliger Pilz, welcher sich rasch vermehrt: bei der Bierbrauerei erhalten wir am Ende der Operation weit mehr Hefe, als zur Einleitung der Gährung zugesetzt worden war. — Wir besitzen leider kein Reagenz, durch welches wir die verschiedenen Proteinstoffe unter dem Mikroskope erkennen könnten; wir können nur im

Allgemeinen bestimmen, daß eine Substanz stickstoffhaltig ist, und erfahren dies besonders aus der rothen Färbung, welche dieselbe durch Zusatz von Zucker und Schwefelsäure annimmt. So erkennt man von den früher angeführten Bestandtheilen der Zellen als stickstoffhaltig: erstlich den Zellenkern, einen rundlichen Körper, welcher sich in allen jungen Zellen vorfindet, und für die Vermehrung der Zellen von großer Bedeutung ist; man unterscheidet in ihm mehrere runde Körnchen, die Kernkörperchen (siehe Fig. 1). Zweitens das Protoplasma, eine zähe, schleimige Masse, aus welcher sich der Zellenkern häufig erst bildet; es ist in lebhaft vegetirenden Zellen in einer Bewegung begriffen (Fig. 9), welche vielleicht durch die schnell vor sich gehende Veränderung des Zellsaftes und die ihr folgende Ausgleichung der veränderten Lösungen bewirkt wird. Drittens den Primordialschlauch, die innerste Umkleidung der Zellenmembran. Ueberall innig an den Zellstoffschichten anliegend, ist er doch nirgend mit ihnen verwachsen oder verkittet, so daß die Zellwand der jüngsten Zellen durch zwei vollständig getrennte, auch in ihrer Zusammensetzung völlig verschiedenartige Membranen gebildet wird. Der Primordialschlauch ist stets zuerst da, und auf seiner Außenseite lagern sich allmälig die Zellstoffschichten ab; sicher nicht ohne Mitwirkung der stickstoffhaltigen Verbindung (Verbindungen?) des Primordialschlauches und des von ihm umschlossenen Stickstoffschleims und des Zellenkernes. Nach einer neueren Ansicht soll sich die Zellstoffmembran sogar aus der Substanz des Primordialschlauches selbst bilden; der sich umwandelnde Primordialschlauch aber aus dem angrenzenden Protoplasmaschleim fort und fort ersetzt werden.

Fig. 9.

Die vorstehend aufgeführten, sogenannten organischen Verbindungen bilden die Hauptmasse aller Pflanzen; die unorganischen Bestandtheile, oder derjenige Theil, welcher nach dem Verbrennen als Asche zurückbleibt, obgleich nur wenige Procente der ganzen Pflanzensubstanz ausmachend, sind nichtsdestoweniger für die Entwickelung aller Gewächse absolut nothwendig; so daß, wo sie fehlen, überall auch keine

Fig. 9. Haar des jungen Fruchtknotens einer Nachtkerze (Oenothera muricata). Die Pfeile zeigen die Richtung des Stromes (200 mal vergrößert).

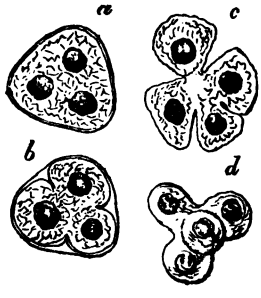
Organismen entstehen (mit Ausnahme vielleicht einiger weniger ganz niedern Pilze). Bis jetzt sind in den Aschen der verschiedensten Pflanzen aufgefunden worden: von den Alkalien Kalium und Natrium; von den alkalischen Erden Calcium und Magnesium; von den eigentlichen Erden das Aluminium (jedoch nur in sehr wenigen Pflanzen); von den Metallen das Eisen und Mangan (Kupfer, Zink, Silber, Arsenik, wohl meist nur als unwesentliche Beimengungen zu betrachten); ferner das Chlor (Fluor, Jod und Brom); der Schwefel und Phosphor; und endlich das Silicium (als Kieselerde). Sie sind in den Pflanzen fast durchgängig mit Sauerstoff verbunden und es bilden so die erstgenannten Basen, die letztgenannten Säuren, welche sich häufig mit einander zu Salzen verbinden; es kommen aber auch ebenso häufig die Basen mit den früher aufgeführten organischen Säuren und die Säuren mit den organischen Alkaloiden verbunden vor. Die Salze mit organischen Säuren finden sich nach dem Verbrennen in der Asche als kohlensaure Salze wieder. Die unorganischen Stoffe finden sich theils in dem Zellsafte aufgelöst, theils krystallinisch in ihnen abgelagert, theils aber auch in der Zellwand und den übrigen unlöslichen organischen Verbindungen. Unter den Krystallen zeichnen sich besonders der oxalsaure Kalk und der Gyps aus. — Es ist früher der Grund angegeben, auf welchem sich die gebräuchliche Eintheilung in organische und unorganische Verbindungen stützt; nachdem es aber gelungen, einige der organischen Verbindungen aus rein unorganischen darzustellen, ist eine solche Unterscheidung kaum länger haltbar. Die größere und geringere Flüchtigkeit der Stoffe und ihrer Verbindungen kann aber offenbar auch kein Moment zu einer durchgreifenden Eintheilung (in verbrennliche und unverbrennliche) abgeben. —

Nachdem wir im Vorhergehenden die einzelnen Bestandtheile der Pflanzen kennen gelernt, haben wir zunächst die Entstehung und Vermehrung der Zellen zu betrachten.

Es ist bis jetzt noch nicht beobachtet worden, daß sich eine Zelle aus unorganisirten Stoffen allein zusammenfügt; man kennt nur die Bildung neuer Zellen unter dem Einflusse schon vorhandener: eine neue Zelle entsteht nur im Innern einer fertig gebildeten. Man unterscheidet zwei Arten der Zellenbildung: eine sogenannte Zellenbildung durch Theilung und eine freie Zellenbildung. Im

erſten Falle theilt ſich der Primordialſchlauch und mit ihm natürlich der durch ihn umſchloſſene ganze Inhalt der Zelle in zwei oder vier Theile, wovon jeder ein Stück des ſchon früher getheilten Zellenkernes umſchließt. Der Primordialſchlauch fährt fort, an ſeiner Oberfläche Zellſtoffſchichten abzulagern, und ſo zeigen ſich bald im Innern der alten Zelle (Mutterzelle)

Fig. 10.



zwei oder vier vollſtändig ausgebildete Zellen, welche ſich nun durch Ausdehnung weiter vergrößern (Fig. 10). Die Membran der Mutterzelle wird in den meiſten Fällen durch Umänderung ihrer chemiſchen Zuſammenſetzung verflüſſigt und zum Wachsthum der Tochterzellen verbraucht (reſorbirt); oder es geht aus ihr die die Zellen mit einander verbindende Intercellularſubſtanz hervor; in einzelnen Fällen verbleibt ſie, ſich ausdehnend, als Ueberzug der Tochterzellen, natürlich jedoch, da ſie nicht weiter ernährt wird, um ſo viel an Dicke abnehmend, als ſie an Umfang zunimmt. Mitunter

Fig. 11.

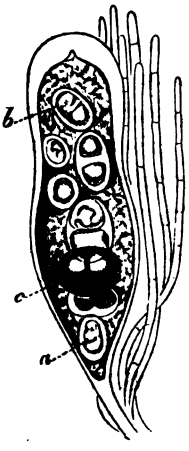
dehnt ſich die Zelle vor ihrer Theilung an einer gewiſſen Stelle aus; wenn dieſe Ausſackung eine beſtimmte Größe erreicht hat, theilt ſich der Primordialſchlauch, welcher natürlich der ſich ausdehnenden Zellwand folgte, an ihrem Grunde, d. h. an der Stelle, wo die Ausſackung begann, und indem er an ſeiner ganzen Oberfläche eine Zellſtoffſchicht ablagert, trennt er die Mutterzelle von dem ausgedehnten Theile (Fig. 11). Erſtere behält ihre frühere Geſtalt und lebt nach der Theilung unverändert fort. Man nennt dieſe Art der Vermehrung der Zellen die Zellenbildung durch Knospung. Der größte Theil der Membran der neu zu bildenden Zelle iſt hier ſchon vor der Theilung gebildet; die die

Fig. 10. Mutterzellen des Sporen von Blasia pusilla. *a* vor der Theilung des Zelleninhaltes, *b* im Beginn der Theilung, *c* und *d* weiter vorgeſchrittene Zuſtände der Theilung; die erweichte Membran der Mutterzelle hat ſich unter blauer Färbung in Chlorzink-Jodlöſung aufgelöſt (400mal vergrößert).

Fig. 11 zeigt die Entwickelung der ſich abzweigenden Zellen in den verſchiedenen Stadien. Die Zellen ſind mit Chlorophyllkörnern angefüllt, welche die Zellenkerne der Beobachtung faſt ganz entziehen.

Trennung bewirkende Absonderung des Primordialschlauches erscheint als deren innerste Schicht. Die Scheidewand ist natürlich deshalb weit zarter, als der übrige Theil der Membran, und sie wird durch Säuren weit früher zerstört, als diese. In manchen Fällen schnürt sich die durch Knospung gebildete Zelle von der Mutterzelle ganz ab. — Die sogenannte freie Zellenbildung kommt bei weitem nicht so häufig vor, wie die so eben beschriebene. Es bilden sich, wo sie stattfindet, zuvörderst aus dem Protoplasma eine unbestimmte Anzahl Zellenkerne; um dieselben erscheinen bald darauf, gleichfalls aus dem Protoplasma gebildet, die Primordialschläuche, auf deren Außenseite alsdann die Zellstoffschichten abgelagert werden (Fig. 12). Die so entstandenen Zellen liegen in dem Zellsaft der Mutterzelle, welche noch fortfährt zu leben, eingebettet; wenn sie sich hernach weiter vermehren, so geschieht dies immer nur durch die erstbeschriebene Art der Theilung. —

Fig. 12.

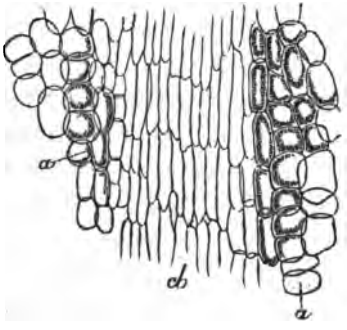


Es giebt Pflanzen niederer Art, welche nur aus einer einzigen Zelle bestehen, wie z. B. der Gährungspilz (welcher sich durch Knospung vermehrt); alle übrigen bestehen aus aneinandergereihten und mit einander verbundenen Zellen. Man nennt solchen Complex gleichartiger Zellen ein Zellengewebe. Die niedrigsten Pflanzen bestehen nur aus einerlei Gewebe; die fadenförmigen Conferven nur aus einer einfachen Reihe ganz gleichwerthiger Zellen. In den Geweben sind die Zellen durch eine eigenthümliche Masse, die Intercellularsubstanz (in ihrem Verhalten dem Kork ähnlich) aneinandergekittet. Die Form der Zellen ist ursprünglich immer mehr oder weniger kugelförmig; sie ändert sich durch Ungleichheit in der Ernährung, indem die Zellen nach einzelnen Richtungen vorwiegend ausgedehnt werden, und durch den gegenseitigen Druck, den die benachbarten Zellen bei ihrer Ausbildung auf einander ausüben. Die einzelnen Zellen der Gewebe berühren sich nicht immer vollständig; sie lassen größere oder kleinere, in der Regel dreieckige Zwischenräume zwischen sich, welche

Fig. 12. Der Sporenschlauch einer Flechte (Borrea ciliaris) von Saftfäden umgeben; *a b* u. *c* Sporen in verschiedener Entwickelung (400mal vergrößert) im Innern des Sporenschlauchs.

Intercellularräume oder Intercellulargänge genannt werden (ſiehe Fig. 8).

Fig. 13.



Die verſchiedenen Gewebe, aus denen die höher entwickelten Pflanzen zuſammengeſetzt ſind, benennt man nach den Zellenarten, aus denen ſie beſtehen, und nach den Functionen, welche ihnen im Leben der Pflanzen zukommen. Man unterſcheidet 1. das Parenchym oder Nahrungsgewebe (Fig. 8 u. 13), aus ſehr verſchieden geſtalteten, aber ſtets dünnwandig verbleibenden, Zellen beſtehend, in denen ſich diejenigen (ſtickſtofffreien) Stoffe anhäufen, welche der keimenden Pflanze zunächſt zur Nahrung dienen, wie z. B. das Stärkemehl, die fetten Oele, Zucker, Dextrin ꝛc. Das Mark, die Markſtrahlen und der größte Theil der Samenkörner (des Albumens), der fleiſchigen Früchte und Knollen beſteht aus dieſem Gewebe. 2. Das Cambium oder fortbildende Gewebe (Fig. 13) beſteht aus ſehr zartwandigen, etwas langgeſtreckten Zellen, welche vorzugsweiſe in ihrem Innern durch Theilung neue Zellen bilden, und zwar nicht immer wieder Cambiumzellen,

Fig. 14.

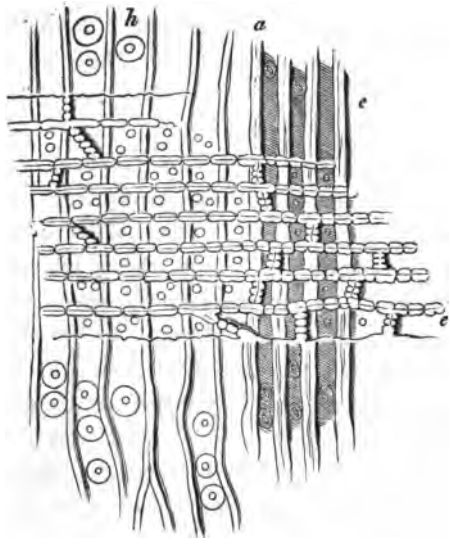


Fig. 13. Partie aus einem Längsſchnitt durch den Dattelkeim; *a* u. *a* Nahrungsgewebe, *c b* Cambium (200 mal vergrößert).

Fig. 14. Radialer Längsſchnitt durch das Holz der Tanne (Abies pectinata); *a* Herbſtholz, *h* Frühlingsholz, von *e* bis *e* Markſtrahlzellen (200 mal vergr.).

ſondern gleichzeitig die drei folgenden Zellenarten. Auch die Parenchymzellen dienen der Zellenvermehrung; es gehen aber aus ihnen nur wieder Parenchymzellen hervor. In den Cambiumzellen finden ſich keine feſten Stoffe abgelagert; ſie ſind dagegen mit einem, an ſtickſtoffhaltigen Verbindungen reichen, Saft erfüllt, und durch ſie verbreitet ſich vorzugsweiſe der Pflanzen- und Nahrungsſaft. Bei den dikotyledonen Pflanzen liegt das Cambialgewebe zwiſchen dem Holzkörper und der Rinde. Aus ihm entwickelt ſich als 3tes Gewebe das Holzgewebe (Fig. 14), mit langgeſtreckten, an den Enden zugeſpitzten, ſtark verholzten, dickwandigen Zellen. 4. Die Gefäße, worunter man ſehr weite, über einander ſtehende Zellen verſteht, deren Querſcheidewände reſorbirt wurden, und welche dadurch längere zuſammenhängende Röhren bilden, von denen man früher fälſchlich glaubte, daß ſie der Saftführung dienten; ſie führen aber in ihrem ausgebildeten Zuſtande nur Luft und ſind zudem meiſt ſtark verholzt. Ihre Wände ſind, wie ſchon früher erwähnt wurde, nicht gleichmäßig verdickt, und man unterſcheidet Ring-, Spiral-, Netz-, Treppen- und Tüpfel-Gefäße (Fig. 15 u. 16). 5. Die

Fig. 15.

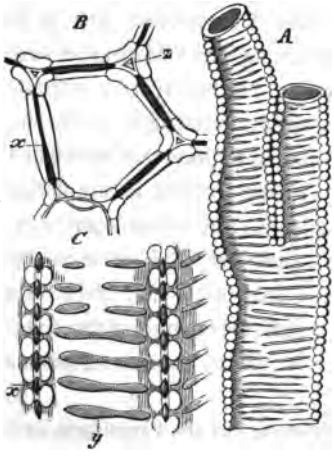


Fig. 16.

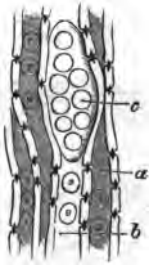


Fig. 15. Treppengefäß aus Alsophila gigantea. *A* das obere Ende einer ſehr ſelten vorkommenden verzweigten Gefäßzelle, deren Querwand von einem runden Loch durchbrochen iſt (durch Maceration iſolirt und 100mal vergrößert). *B* ein ſolches Gefäß mit ſeinen Nachbarzellen aus einem zarten Querſchnitt. *x* der ſpaltenförmige Tüpfelraum zwiſchen zwei Gefäßzellen; *z* die Intercellular-

Fig. 17.

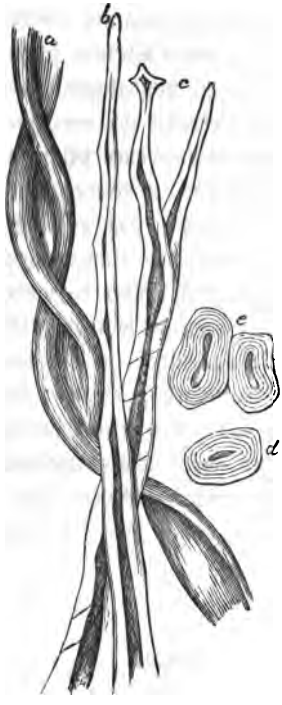
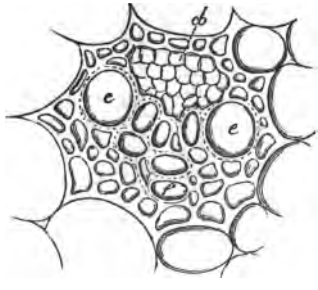


Fig. 18.



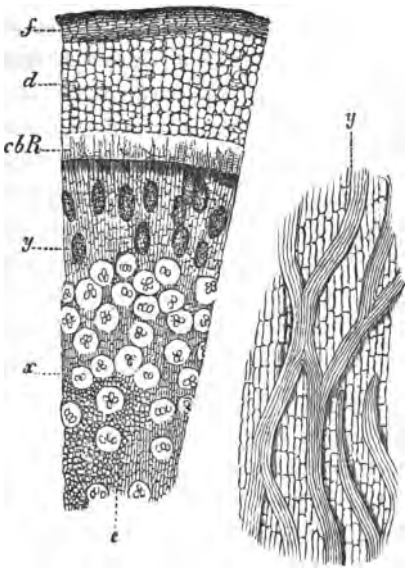
Baſtbündel (Fig. 17) aus den, häufig ſehr langgeſtreckten Baſtzellen (Hanf-, Flachs-Faſer) beſtehend, liegen bei den dikotyledonen Bäumen in der Rinde. Der Baſt, den die Gärtner zum Anbinden der Blumen benutzen, wird aus der Rinde der Lindenbäume bereitet. Die Baſtzellen widerſtehen der Fäulniß länger, als die ſie umgebenden Zellen, eine Eigenſchaft, welche ihre Gewinnung durch Maceration, wodurch die anliegenden Zellen gelockert werden, ermöglicht. Die Baſtzellen führen mitunter den Milchſaft. — Die vier letztgenannten Gewebe, das Cambium, das Holzgewebe, die Gefäße und die Baſtbündel finden ſich, da ſie alle aus dem Cambium hervorgehen, in den Pflanzen gruppenweiſe zuſammengeſtellt, und werden vereint mit dem Namen Gefäßbündel belegt (Fig. 18). Monokotyledonen und Dikotyledonen ſind in Betreff der Ausbildung ihrer Gefäßbündel durchaus verſchieden; bei den erſteren erkennt man auf einem Querſchnitt durch die Pflanzen dieſelben leicht als rundliche Gruppen, welche zerſtreut in der übrigen Zellenmaſſe (Parenchym) eingebettet ſind. Ihr Cambium, aus welchem die übrigen Theile, die Baſt-, Gefäß- (und Holz-) Zellen hervorgegangen ſind, liegt in der Mitte, von den letztgenannten rings

ſubſtanz. *C* Partie einer ſolchen Gefäßzelle aus dem Längsſchnitt. *x* der Tüpfelraum, *y* der ſpaltenförmige Porenkanal von oben geſehen (*B* u. *C* 200 mal vergrößert).

Fig. 16. Partie aus dem radialen Längsſchnitt von Ephedra. *a* Holzzelle; *b* Gefäßzelle; *c* von runden Löchern durchbrochene Querwand derſelben (150 mal vergrößert).

Fig. 17. Iſolirte Zellen; *a* ein Baumwollenhaar, *b* eine Baſtzelle aus der

Fig. 19.



umgeben. Dieſe Gefäßbündel können, da ſie überall von feſtem Gewebe umſchloſſen ſind, nicht weiter in der Dicke wachſen; ſie können ſich nur an ihren Endpunkten verzweigen, und ſtehen deshalb alle unter einander in Verbindung (Fig. 19). Die Monokotyledonen können ſich nicht in den einmal angelegten Theilen durch das Cambium der Gefäßbündel verdicken; zwiſchen der Rinde und dem Holz liegt bei ihnen eine andere fortbildungsfähige Schicht, der Verdickungsring, welcher die nicht zu den Gefäßbündeln gehörenden Gewebe des Holzes und der Rinde erzeugt; durch ihn werden die Gefäßbündel ſtets durch andere Zellenſchichten bedeckt und umſchloſſen. Bei den Dikotyledonen ſind dieſe Verhältniſſe anders: hier liegt das Cambium der Gefäßbündel in einer Kreislinie mit dem eben erwähnten Verdickungsring zwiſchen Holz und Rinde, es exiſtirt alſo außerhalb von ihm keine fortbildungsfähige Zellenſchicht, welche die durch ihn gebildeten Gefäßbündel bedecken und einſchließen könnte. Die Gefäßbündel der Dikotyledonen ſind deshalb ungeſchloſſen und wachſen nicht allein in die Länge, ſondern auch in die Breite, da ihr Cambium fortwährend thätig bleibt und bleiben kann. Dieſes letztere liegt auch hier innerhalb des Gefäßbündels; nach der Innenſeite

Leinpflanze, *c* eine ſolche aus der Hanfpflanze, *e* u. *d* Baſtzellen als Querſchnitte (200 mal vergrößert).

Fig. 18. Querſchnitt durch das Gefäßbündel im Halm des Hafers (Avena); *cb* Cambium, *e* weite Gefäßzellen, *f* engere Spiralgefäße (200 mal vergrößert).

Fig. 19. Quer- und Längsſchnitt durch den Stamm von Dracaena; *f* die Korkſchicht, *d* Rindenparenchym, *cbR* Cambiumring, *y* Gefäßbündel, welche entſtanden ſind, nachdem das Längswachsthum des Stammes aufgehört hatte, *x* früher entſtandene Gefäßbündel (20 mal vergrößert).

Fig. 20.

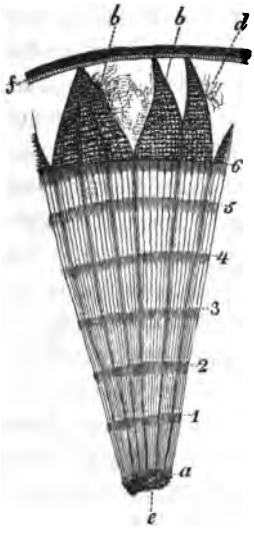
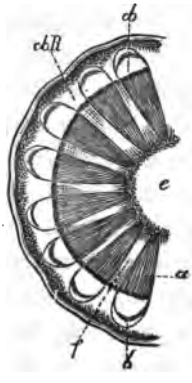


Fig. 21.



(der Axe der Pflanzen) bildet es fortwährend Holz- und Gefäßzellen, nach der Außenseite, also für die Rinde, die Baſtzellen (Fig. 20 u. 21). Die Rinde iſt dem Dickenwachsthum der Gefäßbündel, wie des ganzen Holzkörpers überhaupt, kein Hinderniß, da ſie ſich ausdehnt und zerreißt. Die Gefäßbündel der Dikotyledonen ſind meiſt nur durch ſehr ſchmale Zellenſchichten (Parenchym) von einander getrennt, welche, vom Mark bis zur Rinde verlaufend, Markſtrahlen genannt werden (ſiehe Fig. 14 u. 21). Das Holz der Bäume beſteht alſo zum größten Theile aus Holz- und Gefäßzellen. Der Name Gefäßbündel iſt hier nicht recht paſſend, wie er überhaupt zu einer irreführenden Analogie zwiſchen Thier- und Pflanzenkörper verleiten kann. Im Gefäßbündel der Pflanzen führen hauptſächlich die Cambiumzellen den Saft, und auch dieſe, wie wir ſpäter ſehen werden, in ganz anderer Weiſe, als die Gefäße der Thiere. In den Blättern der Pflanzen erkennt man die ſich veräſtelnden Gefäßbündel ſchon mit bloßen Augen, als ſogenannte Blattnerven, zwiſchen dem Parenchym, welches die Chlorophyllkörner enthält.

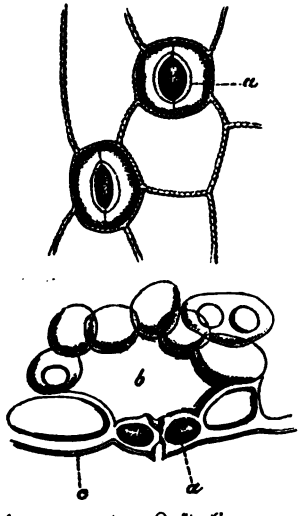
Es bleiben nun noch 6. die Gewebe der Oberhaut zu betrachten. Dieſelbe iſt theils aus ſehr zarten, für Flüſſigkeiten leicht durch-

Fig. 20. Querſchnitt eines ſechsjährigen Lindenzweiges. *a* Markſcheide. *b* Baſttheil der Gefäßbündel. *d* Nahrungsgewebe der Rinde. *c* Grenze zwiſchen Holz und Rinde (Geſammt-Cambium). *e* Mark. *f* urſprüngliche (primäre) Rinde. 1—6 Zahlen der Jahresringe (5 mal vergrößert).

Fig. 21. Querſchnitt eines jährigen Zweiges von Cocculus laurifolius. *a* Holzkörper des Gefäßbündels. *b* Baſtkörper deſſelben Gefäßbündels. *cb* Cambium des Gefäßbündels. *cbR* Verdickungsring. *e* Mark. *f* Markſtrahl (25 mal vergrößert).

bringbaren Zellen (z. B. die Oberhaut der Wurzelspitzen) gebildet, und wird dann Epithelium genannt; theils aber auch aus stark entwickelten, verkorkten Zellen, welche sowohl die Ausscheidung, als die Aufnahme tropfbarflüssiger und gasförmiger Stoffe verhindern, zusammengesetzt, und wird alsdann Epidermis genannt. Die Blätter der Gewächse sind mit einer Epidermis umkleidet. Ihre Zellen lassen aber an vielen Stellen, von einander abweichend, Oeffnungen frei, welche zu dem unterliegenden, zartwandigen Parenchymgewebe führen, und dessen Verkehr mit der umgebenden Luft gestatten; man nennt diese Oeffnungen, welche sich zumeist auf der Unterseite der Blätter befinden, Spaltöffnungen (Fig. 22). Unter der Epidermis entwickelt sich häufig ein tafelförmiges Gewebe, dessen Zellen bald vollständig in Kork verwandelt werden, das Korkgewebe (siehe Fig. 7). Dieses Gewebe bildet den größten Theil der Rinde vieler Bäume, besonders der Korkeiche, aus welcher die Flaschenkorke geschnitten werden. Man unterscheidet von diesem gewöhnlichen Kork noch den dehnbaren Lederkork, welcher sich auf der Rinde der Birke, der Buche und anderer Bäume, deren Rinde nicht berstet, vorfindet. Der Kork schützt die Pflanzentheile vor dem Austrocknen; eine Kartoffel z. B. kann mit unverletzter Schale lange an der Luft liegen, ohne eine erhebliche Quantität Wasser zu verlieren; nimmt man ihr die Schale, so schrumpft sie alsbald zusammen. — Die Oberhaut ist nach außen hin von einem Secret ihrer Zellen, der Cuticula, einer Schicht, deren Masse dem Korkstoff ähnlich, überzogen.

Fig. 22.

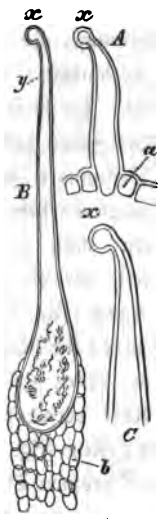


Die Haare und Schuppen, auch manche Stacheln, gehören zu der Oberhaut (Fig. 23).

Außer den aufgeführten Geweben giebt es keine weiter im Pflanzen-

Fig. 22. Oberhaut der unteren Seite vom Blatte der Bocksorchis (Himantoglossum) von oben und als Querschnitt gesehen; *a* die Spaltöffnung, *b* die Athemhöhle unter ihr, *c* eine Oberhautzelle (200 mal vergrößert).

Fig. 23.



reich; aus ihnen ſind die verſchiedenen Theile der Gewächſe zuſammengeſetzt. Aber nicht alle Pflanzen enthalten alle jene Gewebe: dem Gefäßbündel fehlen bei manchen die Gefäße, bei andern ſogar auch die Holz- und Baſtzellen, ſo daß nur die Cambiumzellen übrig bleiben; auf welcher Stufe der Ausbildung aber auch immer die Gefäßbündel ſtehen mögen, ſo fehlen ſie doch nebſt dem Parenchym- und Oberhautgewebe keinem Theile einer höher organiſirten Pflanze. Die niedrigſt organiſirten Pflanzen beſtehen dagegen nur aus einem Gewebe; die Pilze z. B. aus fadenförmigen, durcheinandergeflochtenen Zellen. —

Der oberflächliche Blick unterſcheidet an allen höhern Pflanzen die folgenden Theile: Wurzeln, Stamm, Zweige, Knospen, Blätter und Blüthen. Die Entwickelungsgeſchichte der Pflanzen hat darüber zu entſcheiden, ob jene Eintheilung begründet iſt, oder nicht. Wenn wir aber die Entwickelung einer Pflanze von Anfang an verfolgen ſollen, ſo fragt es ſich zunächſt, wo ihr Anfang zu ſuchen iſt. Man bezeichnet gewöhnlich den Embryon des Samens als ſolchen; aber der Embryon iſt ſchon die vollſtändige Pflanze in ihrer Anlage, er iſt ſelbſt aus vielen verſchiedenen Zellen gebildet, die ſich alle aus einer einzigen nach und nach entwickelt haben; dieſe erſte Zelle entſteht bei den höhern Pflanzen in dem ſchlauchartig ausgedehnten, und in eine Samenknospe eingedrungenen, Pollen. Man könnte dieſe erſte Zelle als den Anfang des neuen Individuums bezeichnen; wird aber auch mit demſelben Rechte dieſelbe noch als einen Theil der alten Pflanze betrachten. Wenn man aber die junge Pflanze erſt von dem Augenblicke an als ſelbſtſtändiges Individuum betrachten will, wo ſie ſich allein ernährt, ſo kann man ſelbſt den keimenden Embryon, ſo lange er von den von der Mutterpflanze aufgeſpeicherten Vorräthen des Samens lebt, nicht als ein ſolches bezeichnen. In der That läßt ſich alſo die Grenze zwiſchen der

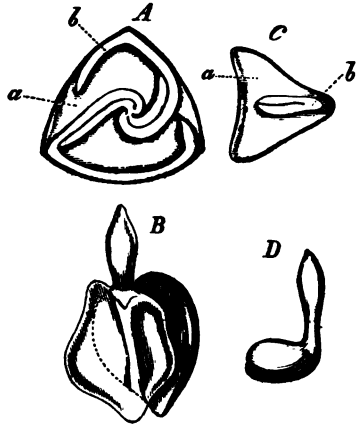
Fig. 23. *A* ein ganz junges Brennhaar der Neſſel, *a* die Zellen der Oberhaut, *x* der Knopf des Brennhaars; *B* ein fertiges Brennhaar derſelben Pflanze, *b* das aus vielen Zellen beſtehende Baſalgewebe des Brennhaars; *C* die Spitze eines ſolchen (*A* 200 mal, *B* 25 mal, *C* 150 mal vergrößert).

Mutter- und Tochter-Pflanze nicht mit aller Bestimmtheit angeben: der Embryon ist noch ein Theil der alten Pflanze, zugleich aber schon die junge, in ihrer vollständigen Anlage. Alle Individuen hängen daher, wie die einzelnen Glieder einer Kette, mit einander zusammen bis ganz hinauf zu der Urpflanze ihres Geschlechtes.

Man wird sich also darüber, daß aus dem Samen sich stets dieselbe Pflanzenart wieder entwickelt, eben so wenig wundern dürfen, als darüber, daß sich aus den Knospen ein und derselben Pflanze dieselben Theile entwickeln: Same, wie Knospe enthalten schon die zu entfaltenden Theile in ihrer ganzen Eigenthümlichkeit angelegt.

Fast alle Samen bestehen aus einem, mit Stärke, Zucker, Dextrin angefüllten Parenchymgewebe (sehr unpassend Sameneiweiß oder Albumen genannt) und dem eigentlichen Pflanzenkeim, dem Embryon (Fig. 24). Bei den meisten zur Nahrung der Menschen und Thiere verwandten Getreidekörnern nimmt das Sameneiweiß den bei weitem größten Raum ein; beim Weizen, dem Roggen ꝛc. liegt der Keim an dem einen Ende. Man wird ihn sehr leicht erkennen, wenn man die Körner eine kurze Zeit in Wasser einquellt. Bei den Erbsen und Bohnen fehlt das Albumen gänzlich; es wird hier aber durch die stark entwickelten Kotyledonen (Keimblätter), in denen sich dieselben nährenden Stoffe des Albumens in reichlicher Menge vorfinden, ersetzt.

Fig. 24.

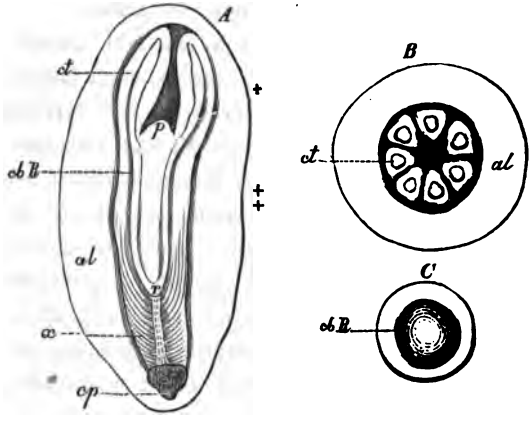


An dem Embryon unterscheidet man zwei Endpunkte, aus deren einem sich der Stamm entwickelt, während aus dem ihm entgegengesetzten die Wurzel entsteht; ersteren nennt man Stammknospe des Embryon oder plumula, letzteren Wurzelknospe des Embryon

Fig. 24. *A* u. *B* Polygonum Fagopyrum, *C* u. *D* Polygonum Convolvulus, *A* u. *C* Querschnitte durch den reifen Samen, *a* das Sameneiweiß (Endosperm), *b* der Keim. *B* u. *D* der Keim aus dem Sameneiweiß vorsichtig herausgelöst (8mal vergrößert).

oder radicula (Fig. 25). Beide Endpunkte ſind durch zartes Parenchymgewebe (Mark) mit einander verbunden, das eine Cambialſchicht (Verdickungsring) wie ein Mantel umgiebt. Die Stammknospe zeigt

Fig. 25.



ſich als eine warzenförmige Erhebung, in jungen, fortbildungsfähigen Zellen endigend; an ſeinem Umfang ſind die Keimblätter mehr oder weniger entwickelt, und unter ihnen entfalten ſich während des Wachsthums der Reihe nach alle Blätter. Die Wurzelknospe hat an ihrer Spitze keine fortbildungsfähigen Zellen; ſelbige liegen weiter nach innen, und ſind von einer Schicht älterer Zellen (der ſogenannten Wurzelhaube) umgeben. An ihrem Umfang entwickeln ſich niemals Blätter.

Nach der Art ihrer Entwickelung unterſcheiden ſich alſo die verſchiedenen Pflanzentheile ſehr weſentlich. Der Stamm iſt derjenige Theil, welcher ſeine jüngſten Zellen ſtets an der äußerſten Spitze trägt und unterhalb ſeiner Spitze Blätter hervorbringt. Wurzel iſt der Theil, deſſen jüngſte Zellenſchichten ſtets von einer Wurzelhaube bedeckt ſind, und an dem niemals Blätter entſtehen. Blätter ſind endlich diejenigen

Fig. 25. Der Kern, d. h. das Sameneiweiß mit dem Keim, des Samens der Kiefer (Pinus silvestris). *A* Im Längsſchnitt; *al* Sameneiweiß, *cbR* Verdickungsring, *ct* Samenlappen, *cp* Corpusculum, *p* plumula, *r* radicula, *x* Wurzelhaube. *B* Ein Querſchnitt in der Höhe von +. *C* Ein Querſchnitt in der Höhe von ‡. Das Sameneiweiß iſt entfernt. Die Bezeichnungen wie bei *A* (30mal vergrößert).

Theile, welche an einer Stammknospe entſtehen und deſſen jüngſte Zellenſchichten nicht an der Spitze liegen; das Blatt wächſt an ſeinem Grunde und in ſeiner Mitte.

Nur ſo laſſen ſich die genannten Pflanzentheile genau charakteriſiren. Wer nur unſere alltäglichen Pflanzen beobachtet, dem mag es ſcheinen, als ob er auch ohne ſo tief eingehende Beobachtungen, Wurzel, Stamm und Blatt von einander mit Leichtigkeit unterſcheiden könne; aber er wird ſich ſchon den Cacteen gegenüber in Betreff der Unterſcheidung von Stamm und Blatt in Verlegenheit befinden; er wird ebenſo bei gar vielen Pflanzen nicht wiſſen, ob er einen Theil von ihnen als unterirdiſchen Stengel oder als Wurzel anſprechen ſoll.

Der Stamm entwickelt während ſeines Wachsthums fortwährend Blätter und ſchließt bei perennirenden Pflanzen am Ende der Vegetationsperiode wieder mit einer Knospe, welche, der plumula ähnlich, ſtets mit den jüngſten Zellen endigend, von einer Reihenfolge junger Blättchen umgeben iſt, von denen die unterſten die älteſten, und die oberſten die jüngſten ſind (Fig. 26); alle zuſammen ſind während der Zeit, wo die Knospe ruht, durch Deckblätter umhüllt und eingeſchloſſen. Wenn die Vegetation wieder beginnt, verlängern ſich die Axentheile zwiſchen den einzelnen Blättern, und ſo werden dieſelben, in der Knospe eng aneinanderliegend, ſpäter mehr oder weniger von einander entfernt. — Die Gefäßbündel, welche in dem Verdickungsring des Embryon entſtanden, gehen ſich abzweigend in jedes Blatt ein. — In der Achſel eines jeden Blattes kann eine Knospe entſtehen, aus welcher ſich ein Zweig entwickelt.

Fig. 26.

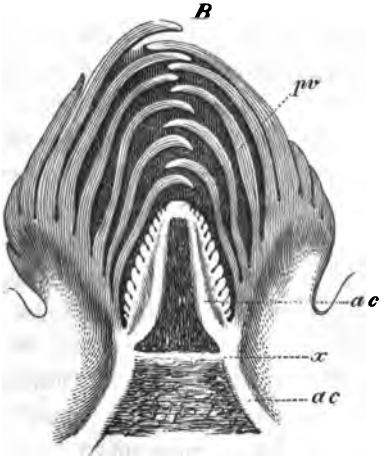


Fig. 26. Längsſchnitt durch die Endknospe eines Zweiges von der Tanne, am 26. Auguſt unterſucht; *ac* der Verdickungsring, *pv* der Vegetationspunkt der Knospe, auf dem jungen Trieb des kommenden Jahres, *x* die Grenze zwiſchen dem jungen Trieb und dem Zweig (12mal vergrößert).

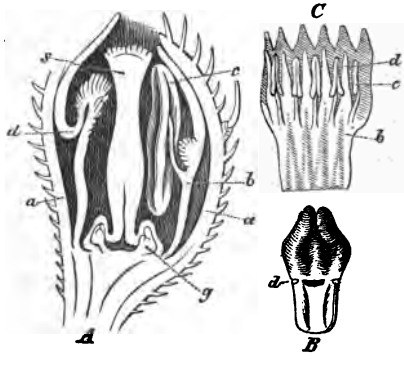
Man nennt diese Knospen Axillarknospen, im Gegensatze zu derjenigen Knospe, welche nicht in der Achsel eines Blattes entsteht, und durch welche sich ein Trieb in gerader Linie verlängert, der Terminalknospe. Adventivknospen nennt man diejenigen, welche an unbestimmten Stellen des Stammes und der Zweige hervortreten können. — Stamm und Zweige sind im Wesentlichen ihrer Entwickelung einander vollkommen gleich.

Nicht immer entfaltet sich eine Knospe in der eben beschriebenen Weise: sie bildet sich auch zu derjenigen Form aus, welche wir Blüthe nennen. Die Blätter entwickeln sich in ihr zu den Blumen- und Kelch-Blättern, und zu den Staubfäden; in manchen Fällen wird auch der Fruchtknoten mit Staubweg und Narbe aus Blättern gebildet, gewöhnlich entsteht jedoch dieser letztere in dem Stammende.

Wenn sich eine Knospe zur Blüthe ausbildet, so ist damit die weitere Entwickelung des Stammes, oder des Zweiges, welcher sie trägt, für immer geschlossen.

Auch an der Wurzel unterscheidet man Hauptknospen, Nebenknospen und Adventivknospen; durch die erstere verlängert sich die sogenannte Pfahlwurzel. Alle Wurzeln sind an ihren Enden mit einem zarten Epithelium als Oberhaut umgeben, und schicken zumeist eine große Menge mit demselben Epithelium überzogener feiner Haare, sogenannter Wurzelhaare, nach allen Seiten hin aus. Ihre für Flüssigkeiten durchdringbare Oberfläche wird dadurch sehr bedeutend vergrößert. Die älteren, mit einer starken Rinde überzogenen Wurzeln können keine Nahrungsmittel durchlassen.

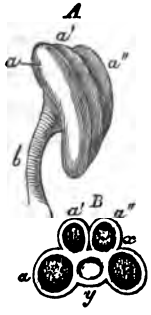
Fig. 27.



Die Blüthe ist der Geschlechtsapparat der höheren Pflanzen; in ihr entwickelt sich der Same mit der Anlage zur neuen Pflanze, dem Embryon. Zu der Ausbildung keimfähiger Samen sind zwei Theile der Blüthe unum-

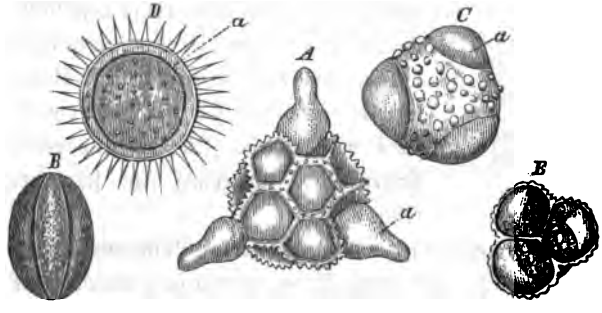
Fig. 27. *A* Längsschnitt durch die Mitte einer Blüthenknospe von Symphytum asperrimum; *a* Kelchblatt, *b* Blumenkrone, *c* Staubblatt, *d* die der

Fig. 28.



gänglich nothwendig, die Staubfäden und die Samenknospe (Fig. 27). Erstere sind, wie schon erwähnt, metamorphosirte Blätter; man nennt den Stengel an ihnen filamentum oder Staubbeutelträger, und den von ihm getragenen Theil anthera oder Staubbeutel (Fig. 28). In diesen letzteren erzeugt sich innerhalb der Mutterzellen der Blüthenstaub oder Pollen (Pollenkern), welcher aus einer einfachen Pflanzenzelle besteht, die häufig mit einer sehr zierlich verdickten Cuticula überzogen ist (Fig. 29). Der Staubbeutel ist in der Regel vierfächerig; zur Zeit der

Fig. 29.



Länge nach durchschnittene Tasche (Hohlschuppe) eines Blumenblattes, *s* die Narbe, *g* die Samenknospe, daneben der Raum, in welchen die Pollenschläuche herabsteigen, um zu den Samenknospen zu gelangen (16 mal vergrößert). *B* Eine Blumenkrone von der Seite gesehen; *d* die Taschen. *C* Eine Blumenkrone der Länge nach aufgeschlitzt und auseinander gebreitet; *b* der röhrenförmige Theil derselben, *c* die Staubblätter, *d* die Taschen (5 mal vergrößert).

Fig. 28. *A* Staubblatt des Mandelbaumes (Amygdalus) mit vierfächeriger Anthere. *B* Querschnitt durch die letztgenannte; *a* u. *a'* die beiden Staubbeutelfächer der einen Seite, *a''* ein Fach der anderen Seite, *b* der Träger (Filament), *x* die Längsfurche, in welcher 2 Fächer einer Seite aufspringen, *y* das Gefäßbündel des Connectivs.

Fig. 29. Blüthenstaub verschiedener Pflanzen. *A* Vom Wiesenbocksbart (Tragopogon pratense), unter Schwefelsäure gesehen; *a* die hervortretende innere Pollenzelle, deren Ausdehnung später den Pollenschlauch bilden würde. *B* u. *C* Blüthenstaub der Stechpalme (Ilex aquifolium). *B* Im trockenen Zustande, *C* unter Wasser gesehen; *a* die innere Pollenzelle. *D* Ein Pollenkorn einer Malve (Lavatera) unter Citronenöl. *E* Ein Pollenkorn einer Orchis (Epipactis palustris) (400 mal vergrößert).

Reife springt er auf und entläßt die Pollenkörner in großer Anzahl. Die Samenknospe ist die Anlage zum Samen; sie entwickelt sich gewöhnlich in dem Fruchtknoten, der Anlage zur Frucht, mitunter aber auch ganz frei, ohne den letzteren. Ein Fruchtknoten umschließt eine größere oder geringere Anzahl von Samenknospen; er endigt nach oben durch den Staubweg in der Narbe. An der Samenknospe unterscheidet man den Samenträger, welcher sich von der Wand des Fruchtknotens, an seinem Ende die Samenknospe tragend, erhebt; ferner den Knospenkern und die Knospenhüllen (nicht überall vorhanden). Die Knospenhüllen, den Knospenkern rings umfassend, lassen, wo sie endigen, einen Eingang zu demselben frei, welcher Knospenmund heißt. Unter diesem letzteren entwickelt sich der Embryosack, dadurch daß sich eine Zelle des Knospenkerns auf Kosten ihrer Umgebung sehr stark vergrößert (Fig. 30).

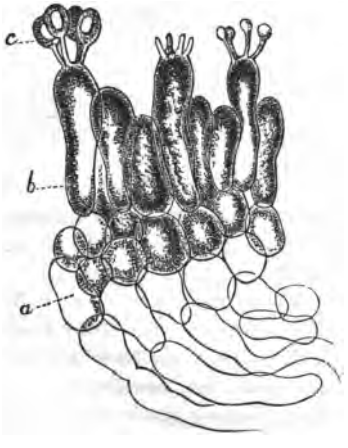
Fig. 30.

Die Befruchtung der so ausgebildeten Blüthentheile geht folgendermaßen vor sich. Die Pollenkörner werden in so überwiegend großer Anzahl erzeugt, daß, wie viele auch immer verloren gehen, dennoch immer eine hinreichende Anzahl durch Vermittelung des Windes und der Honig suchenden Insekten auf die Narbe gelangt. Dort angelangt, dehnt sich das anfangs mehr oder weniger runde Pollenkorn durch Aufnahme der nährenden Narbenfeuchtigkeit zu einem Schlauche aus, welcher den Staubweg hinunter steigt, auch hier von der auf der Innenfläche desselben abgeschiedenen Feuchtigkeit ernährt. Weiter hinabsteigend gelangt der Schlauch durch den Knospenmund in den Embryosack, wo das eingedrungene Ende alsbald anschwillt, und einen Theil des Embryosackes anfüllt. In diesem Ende entsteht darauf nach Art der früher erwähnten freien Zellenbildung eine Zelle, welche sich

Fig. 30. Längsschnitt durch den Fruchtknoten von Polygonum Convolvulus (dem Buchweizen verwandt). Auf der Narbe (*a*) liegen Pollenkörner (*b*), welche durch den Staubwegkanal (*c*) Schläuche zur Samenknospe (*gm*) herabsenden, einer derselben ist durch den Knospenmund in den Embryosack (*se*) getreten und dort bereits kugelig angeschwollen (40mal vergrößert).

alsbald durch Theilung weiter vermehrt, und schließlich den Keim oder Embryon des Samens darstellt (vergleiche die vorstehende Figur 30). Der Embryon entsteht also stets innerhalb des zum Pollenschlauch ausgedehnten Pollenkorns; er entsteht darin aber nicht ohne den Einfluß und die Mitwirkung des Knospenkornes, dessen Zellen das Material zu seiner Bildung hergeben müssen. Die Befruchtung der Pflanzen ist daher durchaus nicht mit derjenigen der Thiere zu vergleichen; will man aber eine unvollkommene Vergleichung, so ist der Pollen nicht, wie man auch jetzt noch häufig irriger Weise angiebt, das männliche, sondern stets das weibliche Organ, das Ei; die Samenknospe ist dann aber auch nicht das männliche Organ, dem thierischen Samen zu vergleichen, welchem analog überhaupt in der Pflanze kein Theil vorkommt. — Daß der Pollenschlauch übrigens, nachdem er den Staubweg passirt, in den Knospenmund eindringt, ist mehr oder weniger zufällig; da aber nicht blos einer, sondern zugleich viele Schläuche in die Fruchtknotenhöhle hinabkommen, so trifft immer einer (mitunter auch mehre, von denen aber stets nur einer ausgebildet wird) den rechten Weg; viele gehen vorbei und verkommen. Auch der nicht zum Embryon ausgebildete Theil des Pollenschlauches schnürt sich ab und vergeht. — Nicht in allen Fällen nimmt der ausgebildete Embryon den Embryosack vollständig ein; dieser füllt sich dann mit einem, reichliche Nahrungsstoffe enthaltenden Parenchymgewebe, und bildet das Sameneiweiß oder Albumen des Samens. Wie sich der Embryon weiter zur Pflanze ausbildet, ist schon früher angegeben worden.

Fig. 31.

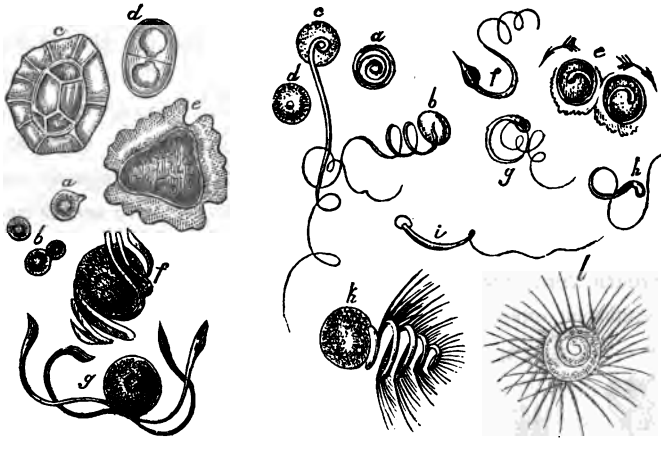


Diejenigen Gewächse, welche keine Blüthen entwickeln, die Kryptogamen, pflanzen sich auf ganz andere Weise fort. Bei den niedrigsten

Fig. 31. Partie eines Längsschnittes durch die Fruchtlamelle des Fliegenschwammes (Amanita muscaria); *a* Uebergang des fadenförmigen Pilzgewebes in runde Zellen, *b* ein Porenschlauch (Basidia), *c* vier Sporen kurz vor der Ablösung von ihrem Sporenschlauch (400 mal vergrößert).

unter ihnen, den Pilzen und Flechten, löſen ſich einzelne Zellen von der Mutterpflanze ab (Fig. 31), und keimen (vermehren ſich durch Theilung) ſofort, wenn ſie in günſtige Verhältniſſe gelangen; man nennt dieſe Zellen Sporen (Fig. 32). Bei den höheren Kryptogamen, den Mooſen, Farnkräutern, Schachtelhalmen ꝛc. entwickeln ſich ähnliche Sporen, zugleich aber auch eigenthümliche, aus einer, mit einem langen Faden oder mit Wimpern beſetzten Scheibe beſtehende Gebilde, die ſogenannten Schwärmfäden (Fig. 33), welche auf unbekannte Weiſe

Fig. 32. Fig. 33.



die Keimung der Sporen veranlaſſen. In Waſſer getaucht gerathen dieſe Schwärmfäden in lebhafte Bewegung, und man hat dieſelben deshalb mitunter für Infuſionsthiere angeſehen.

Fig. 32. Sporen verſchiedener Kryptogamen; *a* vom Fliegenſchwamm, *b* der Gährungspilz des oberjährigen Bieres, *c* die Spore der Trüffel, *d* die Spore von Borrera ciliaris, *e* von Pteris aquilina, *f* u. *g* von Equisetum.

Fig. 33. Schwärmfäden einiger höheren Kryptogamen; *a* bis *d* von Pellia epiphylla (Lebermoos), *a* der aufgerollte Faden innerhalb ſeiner Zelle, *b* der Schwärmfaden in Bewegung, *c* derſelbe durch Jodzuſatz zur Ruhe gebracht, *d* die ſcheibenförmig zuſammengeſunkene Zelle, welche ſich bisweilen von dem Schwärmfaden trennt; *e* bis *i* von Polytrichum commune (Laubmoos), *e* der Faden dreht ſich innerhalb ſeiner Zelle um ſeine Achſe, *f* u. *g* der freie Schwärmfaden, deſſen Zelle zerfloſſen iſt, *h* u. *i* der Faden als getrocknetes Präparat, *k* u. *l* von Pteris serrulata (Farrenkraut) von der Seite und von oben geſehen. Der Faden ſchleppt ſeine Zelle als zarte Blaſe nach (400 mal vergrößert).

Ueber die Nahrungsmittel der Gewächse.

Nachdem in dem Vorangehenden die Zusammensetzung der in den Pflanzen aufgefundenen chemischen Verbindungen und ihre Gestalt betrachtet worden, entsteht zunächst die Frage nach denjenigen Verbindungen der Elemente, welche, in der Natur vorkommend, durch Zersetzung und Umwandlung, die sie in Berührung mit einander und mit den schon ganz oder theilweise assimilirten Pflanzenstoffen erleiden, in die erstgenannten Bestandtheile der Gewächse (in die Pflanzensubstanz) unter den erforderlichen Bedingungen übergeführt werden können; d. h. mit einem Worte, die Frage nach den Nahrungsmitteln der Gewächse. Die Bedeutung der Nahrungsmittel der Pflanzen ist in einer Beziehung wesentlich verschieden von derjenigen der thierischen Nahrung. Wenn die Pflanzen nämlich einen Nahrungsstoff assimiliren, so werden sie unter allen Umständen um das Gewicht der assimilirten Substanz vergrößert: sie nehmen während ihrer ganzen Lebensdauer (wenn auch nicht gleichmäßig) an Gewicht zu. Anders ist es mit dem thierischen Körper; dieser nimmt nur in der ersten Periode seines Lebens regelmäßig zu, bleibt alsdann eine Zeit lang bei demselben Gewichte stehen, und verliert im späten Alter unaufhaltsam, trotz aller zugeführten Nahrung. In dem Thierkörper wird fortwährend die schon assimilirte Substanz wieder zerstört, aufgelöst und aus dem Körper entfernt, um sofort durch neugebildete ersetzt zu werden; man nennt diesen Proceß der Auflösung und Ersetzung den Stoffwechsel. Die Nahrungsmittel der Thiere haben zum größten Theile das abgeschiedene Alte zu ersetzen; nur im Jugendalter werden sie zur Vergrößerung des Körpers verwandt. In den Pflanzen kommt ein gleicher Stoffwechsel nicht vor; die Resorption ist sehr verschieden davon: durch sie werden zwar auch schon assimilirte Stoffe wieder verändert und aufgelöst, aber nicht um entfernt und durch Neubildung ersetzt, sondern nur um in anderen Theilen wieder assimilirt zu werden. Daß dieser Proceß nie von einem Verlust irgend eines Theiles der davon betroffenen Verbindungen begleitet wird, läßt sich allerdings nicht behaupten; im Allgemeinen aber wird man wohl annehmen können, daß

die Masse der Pflanzen in naher Beziehung steht zu dem Gewichte der eingedrungenen und einmal assimilirten Stoffe, und daß man also aus dem Gewichte und der Zusammensetzung einer Pflanze mit ziemlicher Sicherheit auf die Quantität und Qualität der zu ihrer Ausbildung verbrauchten Nahrungsmittel schließen darf; wogegen die von dem Thierkörper während des Lebens aufgenommene und in die Substanz seines Leibes verwandelte Masse das Gewicht des Körpers um das hundert- und tausendfache übersteigen kann.

Zu den *Nahrungsmitteln* der Pflanzen rechnen wir also diejenigen chemischen Verbindungen, welche die Fähigkeit besitzen, in die Pflanzen einzudringen und nach, gleichgültig wie vielen, Veränderungen die eigentliche Substanz der Pflanzen zu bilden oder bilden zu helfen. In dem ersten Abschnitte sind diejenigen Elemente aufgeführt, welche alle Gewächse und überhaupt alle Organismen zusammensetzen. Diese unverbundenen Elemente aber sind, mit einziger Ausnahme des Sauerstoffes, *keine* Pflanzennahrung; nur ihre Verbindungen, und zwar wieder nur eine kleine Anzahl derselben, und das ganz bestimmte, können assimilirt werden. Diese Thatsache ist übrigens durchaus nicht auffallend, sondern ganz in Uebereinstimmung mit den Erfahrungen, welche der Chemiker überall bei der Darstellung chemischer Verbindungen macht. Die Oxalsäure besteht aus Kohlenstoff und Sauerstoff; aber es gelingt nicht, dieselbe aus Kohlenstoff und Sauerstoff, die man mit einander mischt, darzustellen. Es bedarf *gewisser* aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzter Substanzen (Stärke, Zucker) und dazu einer Verbindung von Stickstoff und Sauerstoff, der Salpetersäure, um obige Säure, zugleich natürlich mit anderen Verbindungen, zu erhalten. Viele andere, dem Zucker und der Stärke ähnlich, aus den genannten Elementen zusammengesetzte Verbindungen liefern, mit Salpetersäure behandelt, keine Oxalsäure, sondern andere, davon durchaus verschiedene Produkte. Der Alkohol besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; weder die unverbundenen Elemente, noch die größte Anzahl ihrer Verbindungen vermögen zu Alkohol zusammenzutreten, oder in ihn verwandelt zu werden. Der Zucker in Berührung mit Hefe zerfällt in Alkohol und in Kohlensäure. — Die Elemente verbinden sich, indem sie einer gegenseitigen Anziehung folgen: es werden sich in einer Mischung stets diejenigen aneinander fügen, welche unter den obwaltenden Umständen die größte Anziehungs-

kraft zu einander ausüben. Die Kraft, mit welcher die einzelnen Elemente in verschiedenen Verbindungen gehalten werden, ist außerordentlich ungleich. Wenn man daher ein bestimmtes Element mit einem anderen verbinden will, so muß man es auf eine Substanz einwirken lassen, in welcher das letztere von den übrigen Elementarstoffen mit einer Kraft angezogen wird, welche geringer ist, als diejenige, womit ihn jenes Element, in dessen Verbindung man es zu erhalten wünscht, anzieht. — Soll Essigsäure etwa mit Kali zu essigsaurem Kali verbunden werden, so ist es durchaus nicht gleichgültig, auf welches Kalisalz man die genannte Säure einwirken läßt. Schwefelsaures Kali, mit Essigsäure gemischt, bleibt vollständig unverändert; es ist daher, wie eine große Reihe anderer Kalisalze, zu dem vorliegenden Zweck unbrauchbar, weil das Kali zu den Säuren, womit es verbunden ist, eine größere Anziehungskraft besitzt, als zu der Essigsäure. Läßt man dagegen die letztere auf kohlensaures Kali einwirken, so entsteht sogleich essigsaures Kali, während die ausgetriebene Kohlensäure entweicht, weil sie vom Kali mit geringerer Kraft angezogen wird, als die Essigsäure. Ebenso würde man seinen Zweck erreichen, wenn man das schwefelsaure Kali statt mit der *unverbundenen* Säure mit einigen ihrer Verbindungen, z. B. dem essigsauren Kalk, behandelte: die Verwandtschaft der Schwefelsäure zum Kalk überwiegt unter diesen Verhältnissen diejenige zum Kali, und es entsteht daher schwefelsaurer Kalk und essigsaures Kali.

Diese wenigen Beispiele mögen hier genügen, um zu zeigen, wie überall in der Chemie bestimmte Verbindungen nur aus gewissen, in ihrer Zahl oft sehr beschränkten anderen, einfacheren oder zusammengesetzteren, Verbindungen hergestellt werden können; und es ist daher von vorne herein schon mehr als wahrscheinlich, daß auch die einzelnen Bestandtheile der Pflanzen nur aus *bestimmten* Substanzen hervorgehen werden, daß es nicht gleichgültig ist, in welcher Form und Zusammensetzung die verschiedenen Elemente, woraus die Pflanzen bestehen, ihnen Zwecks der Ernährung geboten werden.

In dem Folgenden sollen nun diejenigen Verbindungen, in welchen jeder der Elementarstoffe von den Pflanzen aufgenommen und assimilirt wird, nachgewiesen werden.

1. Die den **Kohlenstoff** der Gewächse liefernden Verbindungen.

In allen pflanzlichen Gebilden ist der Kohlenstoff seiner Masse nach das vorwiegende Element; er macht nahezu die Hälfte von dem Gewichte der trocknen Pflanzen aus. Das Verhältniß der Elementarbestandtheile der Pflanzen wird durch nachstehende Tabellen verdeutlicht werden. Die Analysen beziehen sich auf die völlig trockenen Substanzen.

	Eichenholz.	Kleepflanze.	Weizenkörner.	Erbsenkörner.
Kohlenstoff	49,58	50,7	46,6	48,0
Wasserstoff	5,78	6,6	5,8	6,4
Sauerstoff	41,38	38,9	44,15	41,3
Stickstoff	1,23	3,8	3,45	4,3
Asche	2,03	—	—	—
	100,00	100,0	100,00	100,00

Die sehr alte Beobachtung, daß in Verwesung begriffene organische Substanzen, welche in dem Ackerboden eine dunkle Farbe annehmen und in diesem Zustande mit dem allgemeinen Namen Humus oder Dammerde belegt zu werden pflegen, das Wachsthum der Vegetabilien auf das Kräftigste befördern, hatte bis in die neuere Zeit hinein die unangefochtene Ansicht geltend gemacht, daß dieser Humus die hauptsächliche Nahrung aller Pflanzen ausmache. So unbestritten es auch heute noch ist, daß der Humus, in der so eben bezeichneten Bedeutung des Wortes, eine reiche Quelle von Pflanzen-Nahrung darstellt, und daß sich die Gewächse bei sonst günstigen Verhältnissen überall da vollkommen entwickeln können, wo ihnen nur verwesende organische Substanzen im Boden als Nahrung geboten werden: so ist es doch als vollkommen erwiesen anzusehen, daß dieser Humus, als directes Nahrungsmittel, den Pflanzen gerade ihren Hauptbestandtheil, den Kohlenstoff, nicht liefert. Das allgemeine Kohlenstoff liefernde Nahrungsmittel der Gewächse ist hingegen die Kohlensäure, die häufigste und festeste Verbindung des Kohlenstoffes mit dem Sauerstoff, welche sich überall bildet, wo Kohle oder Kohlenstoff haltende Verbindungen bei ungehindertem Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffes verbrennen; sei es nun, daß diese Verbrennung

rasch unter Lichterscheinung (Feuer) vor sich geht, oder allmälig bei einer, die Lichterscheinung des Glühens ausschließenden niedrigeren Temperatur (Verwesung).

Die Kohlensäure ist, wie wir später ausführlicher sehen werden, ein nie fehlender Bestandtheil der atmosphärischen Luft, welche fast $\frac{1}{1000}$ ihres Gewichtes davon enthält. Sie dringt durch die Spaltöffnungen und Poren der Oberhaut der Blätter, so wie aller grünen Pflanzentheile, ein und wird hier dergestalt zersetzt, daß ihr Kohlenstoff in den Pflanzen gebunden wird, ihr Sauerstoff aber zum großen Theil wieder auf dem genannten Wege in die Atmosphäre zurückgeht.

Diese große Entdeckung, welche den Beginn der Entwickelung der Pflanzen- und Agriculturchemie bezeichnet, verdanken wir der Beobachtung, daß frische grüne Blätter, unter Quellwasser getaucht und dem Tageslichte ausgesetzt, von ihrer Oberfläche ein Gas entwickeln, welches sich schon durch die Eigenschaft, einen schwach glimmenden Holzspahn sofort mit heller Flamme zu entzünden, als ziemlich reines Sauerstoffgas erweist. Die Entwickelung dieses Gases wird bedingt durch die Zersetzung der Kohlensäure, welche in jedem Wasser, namentlich dem frischen Brunnenwasser, in verschiedenen Mengen aufgelöst vorkommt: sie findet durchaus nicht statt in einem Wasser, welches durch längere Zeit hindurch fortgesetztes Kochen von aller Kohlensäure befreit worden ist. Sie ist ferner abhängig von dem Vegetationsproceß in den Blättern, und dauert daher nur so lange, als diese für lebensfähig anzusehen sind; bei Anwendung von alten, oder von zwar frischen, aber zerschnittenen und zerriebenen Blättern sind die Verhältnisse ganz anders; diese entwickeln, analog allen verwesenden Organismen, Kohlensäure, welche sie auf Kosten des umgebenden Sauerstoffes und des Kohlenstoffes ihrer eignen Substanz gebildet hatten. Lebende, unversehrte Pflanzen, welche unter Glasglocken in einem künstlichen Gemenge von Kohlensäure und atmosphärischer Luft vegetiren, bieten ganz dieselben Erscheinungen dar, wie die frischen Blätter; die Untersuchung zeigt, daß nach kurzer Zeit die Kohlensäure der eingeschlossenen Luft vollständig verschwunden, der Sauerstoff aber verhältmäßig vermehrt ist. Einzelne mit Blättern besetzte Zweige großer Bäume, welche man, ohne ihre Verbindung mit dem Stamme aufzuheben, in Glasglocken einführte und fest einkittete, bestätigten das aus

den früheren Versuchen gewonnene Gesetz vollkommen. Zum Beweise aber, mit welcher Schnelligkeit die geringe Quantität Kohlensäure, welche von Natur der gewöhnlichen atmosphärischen Luft beigemengt ist, von den Pflanzen absorbirt und auf die angeführte Weise zersetzt wird, dient folgender Versuch. Eine frische Weinrebe wurde in ihrem natürlichen Zustande durch einen gläsernen Ballon geleitet und darin gut eingekittet; der eingeführte Theil war mit zwanzig Blättern besetzt. Durch eine zweite Oeffnung des Ballons wurde gewöhnliche atmosphärische Luft eingeleitet, um auf der andern Seite, nachdem sie an den Blättern der Rebe vorbeigeströmt, wieder ausgeführt zu werden; die Geschwindigkeit, mit welcher die Luft fortgeführt wurde, war nicht unbedeutend. Die Analysen zeigten nun, daß die Luft vor ihrem Eintritt in den Ballon 0,00045 Kohlensäure enthaltend, nach ihrem Austritt deren nur noch 0,0001 bis 0,0002 behalten hatte; daß also der größte Theil derselben von den Blättern durch Assimilation ihres Kohlenstoffes zersetzt worden war.

Die so eben beschriebene Zerlegung der Kohlensäure ist jedoch unbedingt abhängig von der Einwirkung des Lichtes, so daß die Schnelligkeit, womit dieselbe vor sich geht, augenblicklich mit der Intensität des Lichtes sich ändert. Sie ist beim directen Sonnenschein größer, als beim zerstreuten Tageslichte; sie hört in der Finsterniß gänzlich auf. Bei Nacht ist der Einfluß der Blätter auf die umgebende Luft ein ganz anderer: sie entziehen derselben alsdann keine Kohlensäure, sondern eine Quantität Sauerstoff, und lassen sogar etwas Kohlensäure entweichen; so daß also der Vorgang bei Nacht und überhaupt im Finstern demjenigen bei Tage fast gerade entgegengesetzt ist; die Quantität der des Nachts ausgehauchten Kohlensäure ist jedoch bedeutend geringer, als diejenige, welche bei Tage aufgenommen und assimilirt wurde.

Ebenso wie das Licht ist eine gehörige Temperatur unerläßliche Bedingung für die Assimilation der Kohlensäure. Aus einigen in dieser Beziehung angestellten Versuchen ergab sich, daß die Zersetzung nicht unter 10° (der hunderttheiligen Scala) beginnt, und daß sich ihre Intensität mit zunehmender Temperatur steigert, bis sie bei 30° ihr Maximum erreicht zu haben scheint. Diese Versuche, mit einzelnen Pflanzen angestellt, können jedoch in ihren Resultaten durchaus kein allgemein gültiges Gesetz darstellen.

Die übrigen Theile der Pflanzen verhalten sich ganz anders wie die Blätter zu den sie umgebenden Luftarten. Sie absorbiren sowohl bei Tage als bei Nacht eine Quantität Sauerstoff und geben dagegen Kohlensäure an die Atmosphäre zurück. Es ist für die Entwickelung der meisten Gewächse unbedingt nothwendig, daß ihre Wurzeln von Sauerstoff umgeben sind; die durch den von ihnen aufgenommenen Sauerstoff und den Kohlenstoff der Pflanzensubstanz gebildete Kohlensäure wird von den Pflanzen in ihrem natürlichen Zustande sicher nicht vollständig ausgehaucht, sondern in das Innere geführt, um daselbst unter günstigen Verhältnissen (ob nur in den Blättern?) wiederum zerlegt zu werden. Die Blüthen zeichnen sich durch die Aufnahme des umgebenden Sauerstoffes und Abgabe von Kohlensäure ganz besonders aus: bei einigen geht dieser Proceß so schnell vor sich, daß die dadurch erzeugte Wärme deutlich wahrnehmbar und meßbar wird. Es ist sehr glaublich, daß die Absorption des Sauerstoffes durch die Blüthen abhängig ist von den meist in reichlicher Menge in ihnen enthaltenen ätherischen Oelen, welche überall eine nicht geringe Verwandtschaft zum Sauerstoff besitzen. Die Früchte verhalten sich, so lange sie unreif sind und eine grüne Farbe zeigen, ganz ähnlich den Blättern; im Zustand der Reife aber absorbiren sie gerade umgekehrt Sauerstoff und geben Kohlensäure von sich.

Die Quantität des von den Blättern im Lichte an die Atmosphäre zurückgegebenen Sauerstoffes beträgt nach allen Versuchen nur ungefähr die Hälfte von derjenigen, welche in der aufgenommenen Kohlensäure enthalten war. So daß also, wenn die Zersetzung nur die Kohlensäure, und zwar ohne daß dieselbe weitere Verbindungen eingegangen wäre, betroffen hätte, diese Säure durch den Vegetationsproceß zu Kohlenoxydgas (der Verbindung des Kohlenstoffes mit halb so viel Sauerstoff, als in der Kohlensäure enthalten ist) reducirt worden wäre. So einfach ist der Proceß jedoch bestimmt nicht. Die Kohlensäure wird jedenfalls in Verbindung mit den schon ganz oder theilweise assimilirten Pflanzenstoffen, so wie mit den gleichzeitig durch die Wurzeln aufgenommenen Nahrungsmitteln zersetzt, so daß der ausgeathmete Sauerstoff nicht allein von der eingeathmeten Kohlensäure, sondern auch von den übrigen, durch die Zersetzung und Umwandlung betroffenen Substanzen, namentlich auch vom Wasser herrührt. Wenn man nun die elementare Zusammensetzung der Pflanzen betrachtet, so

ergiebt sich, unter der wohl begründeten Annahme, daß der Kohlenstoff von zersetzter Kohlensäure herstammt, durch einfache Rechnung, daß die von den Pflanzen ausgeathmete Menge Sauerstoff weit beträchtlicher sein muß, als die angestellten Versuche erweisen. Daß übrigens die zahlreichen und mit großer Sorgfalt angestellten Untersuchungen über die Veränderungen, welche die Gase der Atmosphäre durch den Vegetationsproceß erleiden, bis jetzt zu ganz sicheren Resultaten noch nicht geführt haben, kann durchaus nicht Wunder nehmen, wenn man bedenkt, wie verwickelt die Verhältnisse hier auftreten. Die entbundenen Luftarten rühren, wie schon erwähnt, nicht allein von den aufgenommenen und zersetzten Gasen her, sondern auch von der Pflanzensubstanz selbst; außerdem werden beständig auch durch die Wurzeln gasförmige Verbindungen aufgenommen, deren nicht assimilirte Theile ebenfalls durch die Blätter abgeschieden werden, und sich so mit den Zersetzungsprodukten der durch die letzteren aufgenommenen Gasarten mischen.

Ob die Zersetzung der Kohlensäure nur in den Zellen der Blätter (oder der grünen Pflanzentheile) vor sich geht, ist nicht erwiesen. Es ist möglich, daß die Blätter, ähnlich wie die Lungen der Thiere, nur die Organe der Aufnahme und Abscheidung der Gase darstellen; daß sich ein Theil der aufgenommenen Luftarten durch den ganzen lebensfähigen Theil der Pflanzen verbreitet und hier seine Veränderungen erfährt. Die Beobachtung, daß bei Tage durch die verletzten Wurzeln der Gewächse Sauerstoff austritt, möchte dieser Annahme einige Wahrscheinlichkeit verleihen.

Ebenso unentschieden ist es, ob das Chlorophyll für die Aufnahme und Zersetzung der Kohlensäure wesentlich ist. Die Beobachtung, daß auch roth gefärbte Blätter sich ganz ähnlich, wie die grünen verhalten, scheint die Frage zu verneinen. Dagegen möchte aber doch wieder wohl zu beachten sein, daß in der Regel nur die grünen Theile die fragliche Eigenschaft besitzen, und daß auch diejenigen Infusionsthierchen, welche ebenso wie die Pflanzen im Stande sind, die Kohlensäure zu zerlegen, durch einen Stoff grün gefärbt sind, welcher dem Chlorophyll der Pflanzen in vielen seiner Eigenschaften gleich ist. Die Bildung des grünen Farbstoffes und die Zersetzung der Kohlensäure könnten übrigens möglicher Weise auch ein und derselben Ursache entspringen; so daß der Farbstoff selbst dann bei der Zersetzung völlig neutral verbliebe.

Als ein wichtiger Umstand ist noch zu bemerken, daß die Pflanzen in einer gegebenen Zeit *mehr* Kohlensäure zu zerlegen vermögen, als die atmosphärische Luft ihnen bietet; unter der Bedingung natürlich, daß die Verhältnisse übrigens dazu günstig sind, namentlich Licht und Wärme in gehöriger Intensität mitwirken, und sämmtliche Nahrungsmittel hinreichend vorhanden sind. Unter diesen Voraussetzungen wird also eine Pflanze sich rascher und vollkommener entwickeln, wenn ihr mehr Kohlensäure, als die Atmosphäre im natürlichen Zustande enthält, zu Gebote steht.

Aus den vorstehend angeführten Thatsachen geht unwiderleglich hervor, daß die Vegetabilien sich den Kohlenstoff der Kohlensäure anzueignen vermögen; es erübrigt nun der Nachweis, ob die genannte Säure die *einzige* Quelle des Kohlenstoffs ist, oder ob es deren noch andere giebt. — Jeder fruchtbare Ackerboden enthält, als Produkt der Fäulniß und Verwesung pflanzlicher und thierischer Stoffe, eine Reihe verschiedenartiger, aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff zusammengesetzter chemischer Verbindungen, welche mit dem gemeinsamen Namen *Humus* oder *Humuskörper* bezeichnet werden. Eine bestimmte Charakterisirung aller jener Substanzen ist bis jetzt noch lange nicht gelungen; als die hauptsächlichsten unterscheidet man *Humin*, *Huminsäure*, *Ulmin*, *Ulminsäure*, *Geïnsäure*, *Quellsäure*, *Quellsatzsäure*. *Ob die so eben genannten* Verbindungen in dem Ackerboden wirklich präexistiren, ist zweifelhaft; es wäre möglich, daß dieselben erst durch die Einwirkung der zu ihrer Darstellung angewandten chemischen Agentien aus ähnlichen Körpern gebildet werden. Sämmtliche Humuskörper zeichnen sich durch eine mehr oder weniger dunkle Farbe aus, und sie sind es, denen die Dammerde, der Moder und Torf ihr schwärzliches Aussehen verdanken. In Wasser sind einige von ihnen völlig unlöslich, die anderen schwer löslich; mit den Alkalien und alkalischen Erden gehen die Säuren Verbindungen ein, welche ebenfalls meist sehr schwer löslich sind; die Ammoniaksalze sind jedoch löslicher. Auch die *Lösungen* der Humuskörper und ihrer Verbindungen zeigen noch bei einer sehr großen Verdünnung eine deutliche gelbe und gelbbraune Färbung. Unter dem Namen Humus sollen im Folgenden *nur* die oben genannten, und ihnen ähnlichen Verbindungen des Kohlenstoffs, Sauerstoffs und Wasserstoffs verstanden werden; *nicht* aber die *ganze Summe* der Zersetzungsprodukte der Pflanzen-

und Thierstoffe (vergl. S. 42), wie sie im Moder, in der Dammerde, im verwesenden Miste ꝛc. vorkommen, und zu denen unter anderen auch das Ammoniak und unorganische Salze gehören.

Die ältere Ansicht, daß der Humus den ganzen Kohlenstoffgehalt der Vegetabilien liefere, ist schon längst durch entscheidende Versuche und Beobachtungen beseitigt; aber noch heute giebt es Physiologen und Chemiker, welche behaupten, daß wenigstens *ein Theil* des Kohlenstoffs, wenn auch der kleinere, den Pflanzen durch den Humus zugeführt werde. Es kann nicht die Absicht sein, hier alle die Gründe, welche man für und gegen jene Ansicht vorgebracht hat, zu wiederholen; wir werden uns darauf beschränken, diejenigen anzuführen, aus denen, wenn nicht mit völliger Sicherheit, so doch mit großer Wahrscheinlichkeit folgt, daß der Humus *keine* Pflanzennahrung ist.

Da der Humus nur aus organisirten Substanzen hervorgehen kann, so ist es völlig klar, daß die *ersten* Pflanzen, welche erst das Material zur Humusbildung hergeben sollten, ganz und gar ohne die Mitwirkung desselben sich entwickelt haben mußten. Und auch noch jetzt giebt es verschiedene Bodenarten, frisch ausgeworfene Lava und Gesteinstrümmer, welche, keine Spur organischer Ueberreste enthaltend, dennoch alsbald mit einer ausgedehnten Flora überzogen werden. Ebenso gelangen Pflanzen in Boden, welcher zuvor durch Glühen von jedem Theilchen Kohlenstoff haltender Substanzen befreit worden ist, zu völliger Ausbildung. Diese und andere Beobachtungen beweisen, daß sich viele Pflanzen ohne Humus entwickeln *können*, wenn ihnen nur Kohlensäure (nebst den übrigen Nahrungsmitteln) geboten wird; sie beweisen allerdings noch nicht, daß sie auch *bei Gegenwart* des Humus denselben nicht als Nahrung aufnehmen und verwenden.

Jeder cultivirte Boden wird im Laufe der Zeit durch die auf ihn wachsenden Pflanzen an seinem Humusgehalt nicht vermindert, sondern *vermehrt*. Der Wald, welcher, nach einer Reihe von Jahren wiederkehrend, eine außerordentlich große Quantität von Kohlenstoff in dem Holze liefert; die Wiese, welche alljährlich in dem Gras und Heu nicht weniger davon hergiebt, vermehren zusehends den Humusgehalt ihres Bodens, ohne daß sie mit organischen, Humus bildenden Substanzen gedüngt worden wären; ersterer durch die abfallenden Blätter, letztere durch die zurückbleibenden Stoppeln und Wurzeln. Daraus folgt, daß auch bei Gegenwart von Humus derjenige Theil,

welcher von den Pflanzen aufgenommen sein könnte, doch jedenfalls so gering ist, daß er nicht so viel Kohlenstoff enthielt, als zur Ausbildung der Blätter des Waldes und der Wurzeln und Stoppeln der Wiese nothwendig ist. Zu ähnlichen Resultaten gelangt man, wenn man Pflanzen in eine gewogene Quantität Erde pflanzt, die Humus in reichlicher Menge enthält, und nach längerer Zeit das Gewicht, um welches sich die Pflanzen vergrößert haben, mit demjenigen vergleicht, um welches der Boden leichter geworden. Eine Weide von 5 Pfund, wurde in 100 Pfund Erde gesetzt, welche durch passende Bedeckung vor jedem Verlust und jeder Vermengung mit anderen Substanzen sorgfältig geschützt war; nach Verlauf von fünf Jahren, während dessen der Baum nur mit destillirtem Wasser begossen worden, wog derselbe 124 Pfd. 3 Unzen, während die Erde nur um 3 Unzen abgenommen hatte. Die 124 Pfd. schwere Weide hatte daher höchst wahrscheinlich keine Spur von Humus zu ihrer Ausbildung verbraucht, da sie schon mehr als 3 Unzen unorganischer Salze dem Boden entziehen mußte, wenn ihr nicht eine kleine Quantität davon durch das nicht ganz reine destillirte Wasser zugeführt wurde.

Es ist schon oben bemerkt worden, daß die Humuslösungen noch bei bedeutender Verdünnung gefärbt erscheinen. Wäscht man eine fruchtbare humose Ackererde mit Wasser aus, so besitzt der Auszug, obgleich er meist nur 0,1 Procent vom Gewicht der Erde an trocknem Extract enthält, eine gelbe Farbe. Filtrirt man die Lösung durch Sand, so entzieht derselbe ihr allen Humus und liefert ein wasserhelles Filtrat. Schon beim bloßen Stehen an der Luft scheiden sich aus der gelben Auflösung dunkel gefärbte Flocken aus und fallen zu Boden. Diese Verhältnisse sind der Grund, weshalb man in der Ackerflüssigkeit in ihrem natürlichen Zustande sehr wenig Humus in Auflösung erwarten kann. In der That findet man auch, daß das Wasser, welches fruchtbaren, sehr humosen Aeckern durch Gräben entzogen wird (auch wenn dieselben nicht tiefer sind, als die Ackerkrume selbst und daher keine durch tiefer liegende Sandschichten filtrirte Lösungen fortführen), immer entweder ganz farblos, oder doch nur sehr schwach gelb gefärbt erscheint; also nur eine ganz außerordentlich geringe Menge Humus gelöst enthalten kann. In Bodenarten freilich, welche an stockender Nässe leiden, die das Eindringen der atmosphärischen Luft erschwert, findet man die Flüssigkeit weit dunkler gefärbt; in solchen

Aeckern sind aber die Bedingungen zum Gedeihen der Culturpflanzen nicht gegeben. Diejenigen Pflanzen aber, deren Existenz von der Gegenwart solcher dunklen Humusextracte abhängig zu sein scheint, die Sumpf- und Moorpflanzen, bereichern den Boden mehr, als alle andern an Humus (Torfbildung).

Nach Allem, was gesagt, ist es daher als hinreichend erwiesen anzunehmen, daß der Humus wahrscheinlich gar nicht, oder höchstens doch nur in einer sehr geringen Menge, direct zur Ernährung der Pflanzen beiträgt. Die Gründe aber, welche man für die directe Aufnahme und Assimilation eines kleinen Theiles vorgebracht hat, entbehren noch ganz und gar der entscheidenden Beweiskraft. Denn daß die Pflanzen und besonders die Culturpflanzen in einem humosen Boden besser gedeihen, als in einem humusfreien, eine Thatsache, die Jeder kennt, beweist nichts in diesem Sinne. In reinem Humus (wenn ihm auch die erforderlichen Nahrungsmittel beigemischt) wachsen die Pflanzen ebenfalls lange nicht so gut, als wenn derselbe mit einer Quantität unlöslichen Sandes gemengt worden. Wollte man aus dieser Beobachtung nun etwa auf die Ernährungsfähigkeit des Sandes schließen? In der Natur aber werden gleichzeitig mit den Humuskörpern, wie schon angeführt, durch den Verwesungsproceß auch die übrigen Pflanzennahrungsmittel (Ammoniak ꝛc.) gebildet. Der Humusgehalt des Bodens steht daher im Allgemeinen in naher Beziehung zu seinem Reichthum an Nahrungsmitteln überhaupt.

Die kleine Menge Humus, welche die Pflanzen im günstigsten Falle nur assimiliren können, soll, wie man behauptet, dennoch für dieselben unentbehrlich sein, weil aus ihnen gewisse Verbindungen (Proteinstoffe), zu deren Bildung die Kohlensäure nicht hinreicht, nur hervorgehen könnten. Die Beobachtung, daß sich Pflanzen ohne jegliche Spur von Humus vollkommen zu entwickeln vermögen, widerspricht dieser willkürlichen Behauptung hinreichend. Denn man wird nicht wohl annehmen können, daß die Gewächse eine Verbindung das eine Mal nur aus Humus, das andere Mal aber auch aus Kohlensäure, unter sonst gleichen Verhältnissen, bilden. Sollte aber ein kleiner Theil Humus wirklich aufgenommen werden, so wird derselbe, wenn er überhaupt alsdann zur Bildung von Pflanzenstoffen beiträgt, vielleicht erst durch Sauerstoff zu Kohlensäure (und Wasser) oxydirt.

Die Frage nach dem directen Ernährungsvermögen des Humus, welche für die wissenschaftliche Physiologie ein nicht geringes Interesse besitzt, ist für den praktischen Ackerbau übrigens von gar keiner Bedeutung. Denn erstens steht es fest, daß der Humus indirect, dadurch daß er allmälig Kohlensäure liefert, welche durch die Wurzeln und Blätter der Vegetabilien eindringt, zur Ernährung derselben beiträgt; und zweitens wird er durch anderweitige Eigenschaften, welche später besprochen werden sollen, für die Cultur der Gewächse ungleich wichtiger, als durch sein directes und indirectes Ernährungsvermögen. Seine Gegenwart im Ackerboden ist daher bis zu einer gewissen Grenze immer sehr erwünscht.

Zur weiteren Unterstützung der Lehre, daß die Hauptmasse des Kohlenstoffes der Pflanzen aus der atmosphärischen Kohlensäure stammt, hat man die Quantität jener Kohlensäure berechnet und gefunden, daß sie einen Raum von ungefähr 3862 Kubikmeilen einnimmt, und daß das Gewicht des in ihr enthaltenen Kohlenstoffs gegen 2000 Billionen Pfund beträgt, eine Masse, welche größer ist, als all' der Kohlenstoff, welcher zur Zeit in den Organismen der Erde angehäuft ist. Freilich kommt es nicht sowohl auf die absolute Menge der Kohlensäure an, als auf die relative: das heißt auf die Concentration, in welcher dieselbe in der Luftmischung die Pflanzen umgiebt, so wie darauf, daß der abgegebene Theil sofort wieder ersetzt wird. Wäre das absolute Gewicht der Kohlensäure nur $\frac{1}{10}$ von dem wirklichen, dieselbe aber auf einen Raum beschränkt, welcher $\frac{1}{20}$ von demjenigen ausmacht, den sie in der Atmosphäre einnimmt, so würden diese ungleich kleineren Verhältnisse nicht etwa eine verminderte, sondern im Gegentheil eine lebhaftere Vegetation zur Folge haben, weil den Pflanzen dann in jedem Augenblicke eine größere Menge Kohlensäure zu Gebote stände, als es in der Wirklichkeit der Fall ist; vorausgesetzt eben, daß der abgegebene Theil rasch genug ersetzt würde.

Wir wollen nun im Folgenden die Ersetzung des fortdauernd in die Gewächse übergehenden Quantums atmosphärischer Kohlensäure betrachten, und zwar einmal in Bezug auf die Gesammtmenge der Kohlensäure, und zweitens in Bezug auf die die Pflanzen unmittelbar umgebenden Luftschichten.

In fernen Zeiten ist die Menge der atmosphärischen Kohlensäure weit beträchtlicher gewesen als jetzt; jene ungeheuren Massen von

Kohlenstoff, welche in den Steinkohlen- und Braunkohlenlagern, in den bituminösen Beimengungen der geschichteten Gesteine niedergelegt sind, gehörten zweifelsohne einst, mit Sauerstoff zu Kohlensäure verbunden, der Atmosphäre an. Es läßt sich schwer nachweisen, ob die Quantität der Kohlensäure noch jetzt im Abnehmen begriffen ist, oder ob sie auf dem Punkte angelangt ist, wo sich die Abgabe und der Zufluß ins Gleichgewicht gesetzt haben, oder ob endlich vielleicht der Zufluß die Abgabe übersteigt.

Schon früher ist bemerkt worden, daß die abgestorbenen Vegetabilien beim freien Zutritt der Luft so zersetzt werden, daß ihr Kohlenstoff endlich mit dem Sauerstoff zu Kohlensäure verbunden wird. Wenn also fortdauernd ebensoviel Pflanzensubstanz auf die angegebene Weise zersetzt wird, als sich durch den Vegetationsproceß wieder erzeugt, so kann der Kohlensäuregehalt der Luft weder vermehrt noch vermindert werden. Die Zersetzung der Pflanzen geschieht aber auf mehrfache Weise: zunächst durch die pflanzenfressenden Thiere. Die Gewächse nehmen in ihrer Nahrung, und besonders in der Kohlensäure und dem Wasser, weit mehr Sauerstoff auf, als sie in ihre Substanz umwandeln können; sie hauchen daher, wie wir gesehen haben, während ihres Vegetationsprocesses fortwährend Sauerstoff aus. Die Thiere dagegen nehmen in den Pflanzen eine weit größere Menge von Kohlenstoff auf, als sie assimiliren; sie scheiden den überschüssig aufgenommenen Theil wieder ab, und dies geschieht in Form von Kohlensäure, zu deren Bildung sie den Sauerstoff aus der Atmosphäre aufnehmen. Die Lungen der Thiere werden durch jeden Athemzug mit frischer Luft gefüllt; es wird ihnen dadurch eine Quantität Sauerstoff zugeführt, die sich mit dem Blute mischt, welches durch den Körper getrieben wird. Während seines Durchganges durch den Körper verbindet sich dieser Sauerstoff mit den sich anhäufenden kohlenstoffreichen Substanzen; die dadurch gebildete Kohlensäure wird bei der Rückkehr des Blutes in den Lungen abgeschieden, und durch das Ausathmen aus dem Körper entfernt. Von dieser Oxydation zu Kohlensäure wird aber nicht allein der überschüssig aufgenommene Kohlenstoff betroffen, sondern auch ein großer Theil der in dem Stoffwechsel aufgelösten und neu ersetzten Masse des Körpers, wovon ein anderer Theil in Form der flüssigen Excremente entfernt wird. Diese letzteren zersetzen sich an der freien Luft besonders leicht und führen ihren Kohlenstoff

als Kohlensäure derselben wieder zu. Es wird daher die ganze Masse des Kohlenstoffs, welche in den von den Thieren verzehrten Pflanzentheilen enthalten war, in einer sehr kurzen Zeit wieder zu Kohlensäure der Atmosphäre, woraus sie genommen war. Die Thiere athmen fortwährend Sauerstoff ein und Kohlensäure aus, wo hingegen die Pflanzen Kohlensäure aufnehmen und Sauerstoff wieder abgeben. Hielten beide Thätigkeiten einander das Gleichgewicht, so könnte durch sie die Zusammensetzung der Atmosphäre in keiner Weise geändert werden. Es ist aber offenbar, daß dies nicht der Fall sein kann: es werden weit mehr Pflanzen erzeugt, als von den Thieren verzehrt werden; und es müßte also der Kohlensäuregehalt der Luft abnehmen, der Sauerstoffgehalt aber in demselben Verhältnisse zunehmen, wenn nicht noch auf andere Art Pflanzen oder Pflanzentheile oxydirt würden. Dies geschieht aber in der That durch den Verwesungsproceß. Alle Pflanzen erreichen nur ein gewisses, bei vielen allerdings sehr unbestimmtes, Alter; sie sterben ab, und verfallen bei Gegenwart von Feuchtigkeit und Wärme einem Zersetzungsproceß (Verwesung), wodurch nach einander eine Reihe verschiedenartiger Verbindungen, unter denen die Humuskörper schon früher genannt worden sind, erzeugt werden, dessen Endprodukte aber stets Kohlensäure (Wasser und Ammoniak) bilden. Die Mittelglieder der Verwesung entziehen sich jedoch theilweise der völligen Oxydirung: als Braunkohlen, Torf, Dammerde, Bitumen ꝛc. werden fortwährend große Massen Kohlenstoff aufgespeichert. Dagegen wird wieder eine große Quantität von Kohlenstoff durch Verbrennen im eigentlichen Sinne des Wortes als Kohlensäure der Luft zugeführt. Durch das Feuer werden nicht allein die nachwachsenden Pflanzen verzehrt, sondern es wird auch ein sehr großer Theil der in alter Zeit der völligen Zersetzung entgangenen Pflanzenüberreste (fossile Kohlen ꝛc.) durch Verbrennen alljährlich in die Formen zurückgeführt, welche sie ursprünglich einnahmen. Die Verbrennung dieser letzteren geschieht nicht allein durch die Hand der Menschen, sondern, durch nicht überall bekannte Ursachen eingeleitet, auch im Schoße der Erde selbst: wir kennen sogenannte Erdbrände von außerordentlicher Ausdehnung; sie erhöhen die Temperatur des darüber liegenden Bodens oft beträchtlich. So entströmt dem Erdinnern eine große Menge Kohlensäure, theils in Quellwasser aufgelöst, theils frei, und es giebt Orte, wo die ausströmende Kohlensäure so bedeutend ist, daß

darüber weggehende Thiere aus Mangel an einzuathmendem Sauerstoff sehr bald sterben (die bekannte Hundsgrotte).

Wir haben also, um das eben Gesagte kurz zu wiederholen, auf der einen Seite die Gewächse, welche fortwährend aus der Kohlensäure der Luft Kohlenstoff in feste Form überführen; auf der anderen Seite die Ursachen, welche den dergestalt fixirten Kohlenstoff wieder zu Kohlensäure oxydiren und der Luft zurückgeben, und zwar namentlich den Ernährungs- und Respirationsproceß der Thiere, die Verwesung und die Verbrennung. Es scheint, daß sich die beiden entgegengesetzten Thätigkeiten jetzt so ziemlich das Gleichgewicht halten; wenigstens hat sich erwiesen, daß der Sauerstoff- und Stickstoffgehalt der Luft, welche sich in Gefäßen befand, die vor fast 2000 Jahren in Pompeji verschüttet wurden, ganz demjenigen der jetzigen Atmosphäre gleichkommt.

Die Vegetation erfordert aber, wie schon erwähnt, nicht allein, daß die Gesammtmenge der Kohlensäure nicht bedeutend abnimmt, sondern auch besonders, daß diejenigen Luftschichten, welche ihre Kohlensäure an die Blätter der Pflanzen abgegeben haben, dieselbe *sofort* aus den angrenzenden Schichten wieder ersetzt bekommen; mit anderen Worten die ununterbrochene, schleunige Mischung aller Luftbestandtheile. — Die meisten Flüssigkeiten, die tropfbaren sowohl, als namentlich die gasförmigen, besitzen ein ausgezeichnetes Vermögen, sich trotz eines verschiedenen specifischen Gewichtes ganz gleichförmig mit einander zu mischen. Das Wasserstoffgas ist bekanntlich sehr viel leichter als der Sauerstoff; wenn man daher beide Gasarten in ein Gefäß bringt, so könnte man von vorn herein erwarten, daß sich der Sauerstoff auf dem Boden ansammle, und darüber der leichtere Wasserstoff, gleichwie das Wasser auf dem Quecksilber, und das Oel auf dem Wasser schwimmt. In der That aber finden wir, daß sich die beiden Gase so vollkommen mit einander mischen, daß in jedem Theile des Gefäßinhaltes gleich viel von ihnen enthalten ist. Wir nennen diese Eigenschaft der Flüssigkeiten *Diffusion*. Unter den tropfbaren Flüssigkeiten giebt es in Betreff derselben Ausnahmen, und es sind schon einige davon so eben genannt; zwischen Gasen findet sie allezeit statt. Von den Gemengtheilen der atmosphärischen Luft ist die Kohlensäure am schwersten; sie findet sich deshalb in den unteren Schichten nicht häufiger als in den oberen; sondern gerade umgekehrt in den hohen Schichten in etwas größerer Quantität, weil dort keine, oder doch weniger Gewächse vor-

kommen, die sie zersetzen, und die Ausgleichung immer eine gewisse Zeit erfordert. Die Mischung ungleichartiger Flüssigkeiten wird durch Bewegung bedeutend beschleunigt. In der Atmosphäre findet diese Bewegung nach allen Richtungen hin statt: die eine von unten nach oben, eingeleitet durch das Aufsteigen der durch Erwärmung an der Erde ausgedehnten und dadurch leichter gewordenen Schichten, und das Hinabsinken der oberen kälteren; die andere (auf der nördlichen Halbkugel von Nord-Osten nach Süd-Westen), bewirkt durch den Strom der kalten Luftschichten der Pole nach dem Aequator, und darüber in entgegengesetzter Richtung den Strom warmer Luft vom Aequator zu den Polen. Diesen regelmäßigen Hauptströmungen schließt sich die Reihe der unregelmäßigen Winde an, welche bei jeder noch so geringen Veränderung in der Spannung der Luftschichten entstehen. Durch diese die Diffusion beschleunigenden Luftströmungen werden die Gemengtheile der Atmosphäre so rasch und vollständig mit einander gemischt, daß die genauesten Analysen der auf den verschiedensten Theilen der Erde gesammelten Luft nur außerordentlich geringe Schwankungen in der Zusammensetzung derselben nachweisen konnten. Die Pflanzen sind daher als stets von derselben Atmosphäre umgeben zu betrachten: die aufgenommene Kohlensäure wird alsbald wieder ersetzt, der ausgehauchte Sauerstoff fortgeführt. Bei sehr stiller Luft mag der Austausch etwas langsamer vor sich gehen; ob die mitunter gemachte Beobachtung, daß die Vegetation bei bewegter Luft lebhafter fortschreitet als bei ruhiger, mit jenen Diffusions-Verhältnissen zusammenhängt, wagen wir nicht zu entscheiden.

2. Die den **Wasserstoff** der Gewächse liefernden Verbindungen.

Wenn die Pflanzen keine anderen Kohlenstoff enthaltenden Verbindungen als die Kohlensäure aufnehmen und assimiliren, so folgt daraus unmittelbar, daß sie auch den Wasserstoff in keiner Verbindung, welche Kohlenstoff enthält, aufnehmen können. Von seinen übrigen Verbindungen kommen in der Natur in irgend zu berücksichtigender Menge nur die mit Sauerstoff, das allverbreitete Wasser, und diejenige mit Stickstoff, das Ammoniak, vor. Beide Stoffe zeichnen sich durch die außerordentliche Leichtigkeit aus, mit welcher sie ander-

weitige Verbindungen eingehen, und erscheinen daher schon von vorne herein als gleich geschickt zur Bildung von Pflanzensubstanz. Die Quantität Ammoniak aber, welche den Pflanzen überhaupt dargeboten und von ihnen wirklich aufgenommen wird, ist so gering, daß sie im günstigsten Falle doch nur einen kleinen Theil des in der Masse derselben sich findenden Wasserstoffes liefern kann. Der ganze übrige Theil kann daher nur dem Wasser entnommen werden.

Die durch die Analyse festgestellte Thatsache, daß die häufigsten stickstofffreien Bestandtheile der Vegetabilien, namentlich der Zellstoff, die Stärke, der Zucker ꝛc. den Wasserstoff und Sauerstoff gerade in demselben Verhältnisse enthalten, als sie mit einander verbunden das Wasser bilden, hatte zu der völlig unrichtigen Ansicht geführt, daß das Wasser, ohne sich zu zersetzen, seine Verbindungen mit dem Kohlenstoff der Kohlensäure einginge. Daß aber das Wasser wirklich in seine beiden Elemente zerlegt wird, beweisen die Pflanzenstoffe, welche nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff, oder aus diesen beiden und Sauerstoff, aber mit überschüssigem Wasserstoff, zusammengesetzt sind, und welche häufig in so bedeutender Menge vorkommen, daß ihr Wasserstoff nicht allein von dem Ammoniak genommen werden konnte.

Das Wasser, welches noch in anderer Beziehung, und namentlich als Lösungsmittel der festen Pflanzennahrung, von nothwendiger Bedeutung für die Vegetation ist, wird von den Pflanzen in einer ungleich größeren Quantität, als sie assimiliren, aufgenommen, um von ihrer Oberfläche, namentlich durch die Blätter, wieder abgedunstet zu werden. Diese Abdunstung unterliegt natürlich ganz denselben Gesetzen, nach denen das Wasser überall verdunstet: sie ist abhängig von der Temperatur, dem atmosphärischen Drucke, und der Quantität Wassergas, welche in der auf die Verdunstungs-Oberfläche aufliegenden Luftschicht enthalten ist; und zwar steht sie zu dieser Menge Wassergas im umgekehrten Verhältnisse. Da der Wind die mit jenem Gase gesättigteren Luftschichten fortführt und durch neue minder gesättigte ersetzt, so ist er einer der kräftigsten Beförderer der Verdunstung. Durch Versuche, mit einer Sonnenblume angestellt, fand man, daß dieselbe durchschnittlich des Tages während zwölf Stunden 1 Pfund 10 Loth Wasser abdunstete. Wir kommen auf die Verdunstung und die ihr beigelegte Bedeutung für die Vegetation noch weitläufiger zurück, und wollen hier nur erwähnen, daß alle Angaben, welche sich

auf die von einer gegebenen Fläche bewachsenen Ackers abgedunstete Menge Wasser beziehen, nur einen sehr ungefähren und ungewissen Werth besitzen, und auch in Anbetracht der vielfach sich ändernden, die Verdunstung regelnden Verhältnisse nur besitzen können.

3. Die den **Sauerstoff** der Gewächse liefernden Verbindungen.

Der Kohlenstoff sowohl als der Wasserstoff werden den Pflanzen in ihrer Verbindung mit Sauerstoff zugeführt. Die Kohlensäure und das Wasser enthalten verhältnißmäßig weit mehr Sauerstoff, als von den Gewächsen assimilirt werden kann; wir haben gesehen, daß dieselben eine große Quantität von diesem Gase aushauchen. Ob der ausgehauchte Sauerstoff von der Kohlensäure, oder dem Wasser, oder von beiden zusammen herrührt, darüber ist vielfach gestritten worden. Zweifelsohne rührt er von beiden her; es nimmt daher auch der Sauerstoff der Kohlensäure sowohl, als derjenige des Wassers an der Bildung der Pflanzensubstanz Theil.

Da die Pflanzen Sauerstoff aus der Atmosphäre sowohl, als in Wasser gelöst durch die Wurzeln aus dem Boden aufnehmen und binden, so muß auch der freie Sauerstoff als Nahrungsmittel derselben aufgeführt werden. Er verbindet sich, wie schon früher angegeben, entweder mit dem Kohlenstoff der Pflanzen zu Kohlensäure, welche darauf an anderen Stellen, ebenso wie die von außen aufgenommene Kohlensäure, wieder zerlegt wird; oder mehr direct mit assimilirten Pflanzenstoffen, z. B. den ätherischen Oelen ꝛc.

Ob der Sauerstoff der Salpetersäure assimilirt wird, kann nicht bestimmt behauptet werden; wenn es geschieht, so wird er doch höchst wahrscheinlich erst zu Wasser oder Kohlensäure verbunden gewesen sein. In jedem Falle ist jene Quantität Sauerstoff ganz klein, und dazu von durchaus keiner nothwendigen Bedeutung, da sich erwiesenermaßen die Pflanzen, ohne eine Spur von Salpetersäure aufgenommen zu haben, ganz vollkommen entwickeln können.

Der Sauerstoff, welcher von den Pflanzen in den unorganischen Salzen aufgenommen wird, und auch bei ihnen verbleibt, gehört zu den Aschenbestandtheilen, und muß bei diesen erwähnt werden.

4. Die den Stickstoff der Gewächse liefernden Verbindungen.

Der Stickstoff kommt, als Hauptbestandtheil der atmosphärischen Luft, in größter Menge in freiem, unverbundenem Zustande vor; und man war früher allgemein der Ansicht, daß sich die Pflanzen wenigstens einen Theil ihres Stickstoffgehaltes aus dem atmosphärischen Stickstoff anzueignen vermöchten. Diese Ansicht, obgleich vielfach mit Grund bestritten, ist dennoch mit derselben Hartnäckigkeit, wie das Ernährungsvermögen des Humus, bis in die allerneueste Zeit von Einzelnen vertheidigt worden. Die sorgfältigsten und das meiste Vertrauen verdienenden Untersuchungen haben aber erwiesen, daß wenigstens alle diejenigen Pflanzen, mit denen experimentirt wurde, keine Spur des freien Stickstoffs assimilirten. Zieht man Pflanzen unter solchen Bedingungen, daß sie in ihrer Umgebung gar keine Verbindungen des Stickstoffs vorfinden, so wachsen sie zwar, wenngleich sehr kümmerlich, zunächst fort, enthalten aber nie mehr Stickstoff, als sie schon besaßen zu der Zeit, wo sie in jene Bedingungen versetzt wurden. Werden ihnen passende Stickstoffverbindungen geboten, so vergrößern sie ihren Stickstoffgehalt; aber um genau ebensoviel, als diese Vergrößerung beträgt, haben die dargebotenen Verbindungen davon verloren. Wenn wir daher auch nicht mit absoluter Gewißheit behaupten können, daß sämmtliche Gewächse unter allen Umständen keinen freien Stickstoff zu assimiliren im Stande sind, so können wir doch von den Cerealien mit größter Sicherheit annehmen, daß ihnen allen jenes Vermögen vollkommen abgeht.

Der Stickstoff muß von diesen Pflanzen also in einer seiner Verbindungen aufgenommen werden; und schon ganz zu Anfang der sich entwickelnden Pflanzenchemie hat man die Verbindung mit Wasserstoff, das in der Natur allverbreitete Ammoniak, als das hauptsächlichste Stickstoff liefernde Nahrungsmittel der Vegetabilien erkannt. Diese Ansicht ist seitdem durch alle Beobachtungen und Versuche bestätigt worden.

Das Ammoniak ist ein luftförmiger Körper, welcher sowohl zum Wasser, als zu allen Säuren eine außerordentliche Verwandtschaft besitzt: es kann sich in der Natur daher nur kurze Zeit in seinem freien

Zustande behaupten, sondern verbindet sich mit den Säuren, die es findet, hauptsächlich mit der Kohlensäure, womit es bei gewöhnlicher Temperatur ein zwar festes, in der freien Luft aber sich allmälig verflüchtigendes Salz darstellt, welches ebenfalls eine gewisse Anziehung zum Wasser besitzt und sich in demselben mit großer Leichtigkeit löst. Das kohlensaure Salz ist jedenfalls diejenige Form, in welcher das Ammoniak von den Pflanzen in größter Menge aufgenommen wird; daß seine humussauren Salze überhaupt, oder in irgend beträchtlicher Quantität assimilirt werden können, ist, wie schon früher ausführlich auseinandergesetzt worden, mehr als zweifelhaft.

Das kohlensaure Ammoniak findet sich in jeder fruchtbaren Ackererde; da es bei gewöhnlicher Temperatur in gewissem Grade flüchtig ist, so geht fortwährend ein Theil davon in die Atmosphäre über, woraus es, von den Wasserdünsten aufgelöst, durch Thau, Regen und Schnee dem Boden wieder zugeführt wird. Aus diesen Verhältnissen erhellt schon zur Genüge, daß der Gehalt der atmosphärischen Luft an Ammoniak sehr bedeutenden Schwankungen unterworfen sein muß: er wird im Allgemeinen vor einem wässerigen Niederschlag viel größer sein, als nach einem solchen. In einer Million Gewichtstheile Luft fand ein Beobachter durchschnittlich 0,133, ein anderer 3,68, ein dritter nur 0,023 Theile Ammoniak. Das Regenwasser enthält davon natürlich ebenso veränderliche Quantitäten; nach einer sehr großen Reihe von Untersuchungen fanden sich im Mittel in einer Million Gewichtstheile 0,79; im Flußwasser 0,17, im Quellwasser sogar nur 0,09, und im frisch gefallenen Schnee 1,78. Der Thau enthält dagegen am meisten Ammoniak, sein Gehalt wechselt von 1 bis 137,85 (in einer Million Gewichtstheile). — Der Ammoniakgehalt des Ackerbodens beträgt nach einer Reihe von Analysen für lehmigen und thonigen Boden im Mittel nahe 0,150 Procent (der lufttrocknen Erde); für Sandboden 0,031 bis 0,056; für Mergel 0,0047 bis 0,0988.

So gering demnach auch die Menge des in der Natur verbreiteten Ammoniaks erscheinen mag, so liefert die Berechnung für die gesammte Quantität doch eine sehr bedeutende Zahl, die jedenfalls vollkommen hoch genug ist, um den Stickstoffgehalt aller Gewächse daraus ableiten zu können, wenn dieselbe im Laufe der Zeit ziemlich constant bleibt, d. h. wenn die Ammoniak liefernden Quellen einigermaßen im Verhältniß stehen zu seinem Verbrauch.

Wir kennen bis jetzt mit Sicherheit keine andere natürliche Quelle des Ammoniaks, als die faulender und verwesender organischer (vegetabilischer und thierischer) Substanzen. Die Salpetersäure wird freilich unter gewissen Bedingungen, mit eben frei werdendem Wasserstoff in Berührung, in Ammoniak verwandelt; aber wir kennen wiederum für die Salpetersäure keine andere erhebliche Quelle als das Ammoniak, welches unter mancherlei Umständen durch Sauerstoff zu der genannten Säure oxydirt wird. Auch das Cyan und die Cyansäure zerfallen in Ammoniak. Das Cyan kann freilich aus rein unorganischen Stoffen dargestellt werden, in der Natur aber kommt deren Bildung, so viel man weiß, nur in einer kaum erwähnenswerthen Menge vor. Wenn Schwefelwasserstoff in porösen Körpern (Kohle) mit atmosphärischer Luft zusammentrifft, so wird dasselbe zum Theil so zersetzt, daß sich Ammoniak und Schwefelsäure bilden. Ob das auf diesem Wege in der Natur wirklich gebildete Quantum Ammoniak von Bedeutung ist, muß zunächst dahingestellt bleiben. — Die directe Verbindung des Stickstoffs mit dem Wasserstoff unter anderweitigen Bedingungen ist vielfach als erwiesen hingestellt, aber mit guten Gründen wieder geleugnet worden (so bei der Oxydation der Metalle, namentlich des Eisens zu Eisenrost ꝛc.).

Wenn nun aber das Ammoniak nur aus organischen Substanzen gebildet werden kann, die Pflanzen aber wiederum nur unter Mitwirkung von Ammoniak entstehen können; woher nahmen alsdann die ersten Pflanzen ihren Stickstoff? Diese Frage läßt sich nicht mehr entscheiden. Entweder müssen die Vegetabilien, unter den bei ihrem ersten Erscheinen obwaltenden Verhältnissen, den freien Stickstoff haben assimiliren können; oder es ist bei der Bildung der Erde gleich eine Quantität Ammoniak mitentstanden; oder endlich es waren in den ersten Perioden nach der Erdbildung Bedingungen vorhanden, unter denen Ammoniak- oder Ammoniak bildende Substanzen (Salpetersäure, Cyan) aus unorganischen Stoffen erzeugt werden konnten. Was den zweiten Fall betrifft, so ist dagegen einzuwenden, daß Ammoniak in hoher Temperatur bei Gegenwart von Metallen, besonders von Eisen, augenblicklich zersetzt wird; metallisches Eisen aber und hohe Temperatur waren bei Entstehung der Erde überall zugegen. Ebensowenig konnten sich die Salpetersäure und das Cyan unter den damals herrschenden Verhältnissen unzersetzt erhalten. Der letzte Fall ist

dagegen vielleicht der wahrscheinlichste, namentlich in Betreff der Salpetersäurebildung. Wir wissen wenigstens bestimmt, daß der freie Stickstoff mit ebenfalls freiem Sauerstoff sich direct verbindet, wenn durch das Gemenge der beiden Gasarten wiederholt ein elektrischer Funke geleitet wird. Der Regen, welcher während eines Gewitters niederfällt, führt deshalb stets eine kleine Quantität salpetersaures Ammoniak mit hinab. In der ersten Zeit nach Entstehung der Erde mußten elektrische Entladungen in einem Umfange statt finden, von dem wir uns jetzt schwerlich einen Begriff machen können. Die Folge davon konnte die Bildung einer beträchtlichen Menge Salpetersäure sein, welche zu ihrer Umwandlung in Ammoniak jedenfalls hinreichende Bedingungen vorfand. — Wenn man Wasserstoffgas verbrennt, so findet man in dem dadurch gebildeten Wasser immer eine kleine Quantität Salpetersäure; es ist aber noch nicht sicher nachgewiesen, daß dieselbe nicht durch Oxydation des dem Wasserstoff beigemengten Ammoniakgases erzeugt wird. — Die Bildung des Cyans aus rein unorganischen Stoffen ist bis jetzt nur vermittelst der Kohle gelungen; da es nun mehr als zweifelhaft ist, daß sich schon Kohle im festen Zustande vor der Erscheinung der Gewächse auf der Erde befunden habe: so können wir die wahrscheinliche Cyanbildung in damaliger Zeit nicht behaupten, sie aber allerdings auch nicht unbedingt leugnen. — Zum Beweise dafür, „daß das Ammoniak nicht von den Organismen stammt, sondern daß es vorhanden war vor allen lebendigen Generationen, als Bestandtheil des Erdkörpers", hat man die Thatsache angeführt, daß in manchen heißen Quellen Ammoniak in nicht unbedeutender Quantität aufgelöst vorkommt. Solches Wasser, sagt man, kommt, seiner Temperatur nach zu urtheilen, aus einer Tiefe, wo Thiere nie gelebt haben können. Diese letzte Behauptung ist nicht richtig, und kann deshalb den aus ihr gezogenen Schluß nicht begründen. Das heiße Wasser wurde nicht in der Tiefe, wo es seine Temperatur empfängt, gebildet: es stammt, wie das Wasser aller Quellen, von der Oberfläche der Erde, hat die verschiedenen durchlassenden Gesteinsschichten durchsickert, bis es von undurchlassenden Lagen aufgehalten, vermöge seines Druckes einen Ausweg sucht. Es war sowohl auf der Erdoberfläche, als auf seinem Wege in die Tiefe hinab, vielfach mit sich zersetzenden und Ammoniak bildenden organischen Stoffen in Berührung gekommen, und verdankt offenbar lediglich diesen seinen Ammoniak-

gehalt. Selbst die Behauptung, daß in den Erdschichten, wo das Quellwasser seine hohe Temperatur empfing, niemals lebendige Wesen existirt haben können, ist nicht hinlänglich begründet. Es würde jedoch zu weit führen, hierauf weiter einzugehen.

Möge nun das Ammoniak ursprünglich herstammen, woher es wolle, so viel steht fest, daß mit dem Erscheinen der Pflanzen, und der durch sie genährten Thiere, in deren absterbenden und verwesenden Substanz eine fortlaufende Quelle von Ammoniak gegeben war. Es ist seitdem ein gewisses Capital davon vorhanden, welches einen ähnlichen Kreislauf beschreibt, wie die Kohlensäure: aus der atmosphärischen Luft übergeht in die Pflanzen, und aus diesen theils direct, theils indirect (aus den durch die Pflanzen ernährten Thieren) wieder in die Luft zurückkehrt. In diesem Kreislaufe ist aber lange nicht die ganze Menge Ammoniak, welche in der Wirklichkeit, und der Möglichkeit nach (stickstoffhaltige organische Substanzen), auf Erden existirt, begriffen. Ein sehr großer Theil fertig gebildetes Ammoniak, und ein noch größerer halb verfaulter und verwester organischer Substanzen, liegen in Form der fossilen Kohlen, der Dammerde und jeglicher Art von Bitumen unter solchen Verhältnissen in dem Erdboden aufgespeichert, daß einestheils die vollständige Verwesung gehindert ist, und anderentheils das durch dieselbe gebildete Ammoniak weder sich verflüchtigen, noch durch Quellwasser fortgeführt werden kann. Es entsteht nun hier, ebenso wie früher bei der Kohlensäure, die Frage, ob die Quantität des *den Pflanzen zugänglichen* Ammoniaks in der Gegenwart unverändert fortbesteht, oder ob sie vielleicht vergrößert oder verkleinert wird. Diese Frage theilt sich wiederum in zwei, und ist erstlich zu beantworten, in Bezug auf die *gesammte* vorhandene Quantität (d. h. immer nur die im Kreislauf begriffene), und zweitens in Bezug auf den Gehalt der *einzelnen* Orte der Erde (und Luft).

Was die *Gesammtmenge* des Ammoniaks betrifft, so wird dieselbe *vermindert* erstens dadurch, daß fortwährend ein Theil der mit Hülfe des Ammoniaks gebildeten organischen Substanz sich, unter vorhin angeführten Bedingungen, der völligen Zersetzung entzieht; zweitens dadurch, daß auch durch die *völlige* Zersetzung derselben nicht wieder so viel Ammoniak erzeugt wird, als zu ihrer Bildung erfordert wurde, indem unter manchen Verhältnissen ein Theil des Stickstoffs in *freiem*, ungebundenem Zustande entweicht. Dies ist erweislich bei der Ver-

brennung durch Feuer, und wahrscheinlich auch häufig bei der Verwesung, in geringem Grade bei der Respiration der Thiere, vielleicht auch im Vegetationsproceß der Pflanzen selbst, der Fall. Die auf diese Weise alljährlich verloren gehende, d. h. in seine einfachen Bestandtheile zerfallende Menge Ammoniak ist gewiß sehr beträchtlich, und es fragt sich, ob der aus bekannten Quellen fließende Zuschuß der fortdauernden Abgabe das Gleichgewicht zu halten im Stande ist. Der Zuschuß aber besteht erstlich in der Zurückführung eines Theils von dem Ammoniak (und den stickstoffhaltenden organischen Substanzen), welches sich, auf die so eben angegebene Weise, dem Kreislauf für längere Zeit entzogen hatte; und zweitens in der geringen Menge, welche aus der durch elektrische Entladungen gebildeten Salpetersäure erzeugt wird. Zu dem erstgenannten Zuschuß gehören die ammoniakalischen Ausdünstungen, welche in vulcanischen Gegenden der Erde entströmen; ferner die durch Quellen und Flüsse dem von ihnen durchströmten Boden entnommenen Quantitäten von Ammoniak und Ammoniak liefernden Substanzen; endlich das durch Verkohlung und Destillation der Steinkohlen und des Torfes verflüchtigte kohlensaure Ammoniak.

Sollte nun auch die Gesammtmenge dieses wichtigen Nahrungsmittels der Pflanzen in der jetzigen Periode nicht erheblich verändert werden, so unterliegt seine Vertheilung in den oberen Schichten der Erde und selbst in der Atmosphäre jedenfalls bedeutenden Schwankungen. Das Ammoniak und auch seine kohlensaure Verbindung befinden sich zwar bei ihrem Uebergange in die Luft in einem gasförmigen Zustande, und folgen deshalb den allgemeinen Gesetzen der Diffusion, ebenso wie die Kohlensäure; ihre große Verwandtschaft zu dem Wasser ändert aber die Verhältnisse vollkommen. Schon gleich nach ihrer Verflüchtigung werden sie sich in den Wasserdünsten (Wolken, Nebel ꝛc.) anhäufen, und sich dadurch dem luftförmigen Zustande und der Diffusion mit den die Atmosphäre zusammensetzenden Gasen entziehen. Verdichten sich die Wasserdünste darauf zu herabfallenden Tropfen, so werden dieselben die ganze Quantität Ammoniak, welche sie aufgelöst enthalten, und welche sie auf ihrem Wege antreffen, der Erde zuführen. Der in der Nähe von großen Städten aufgefangene Regen ist stets bedeutend reicher an Ammoniak, als der auf dem Lande aufgefangene, weil aus den bewohnten Städten fortwährend weit mehr

davon verflüchtigt wird. — Die Vertheilung des Ammoniaks in der Atmosphäre ist in gewissem Grade der Vertheilung der Wasserdünste entsprechend. Wie sich das Wassergas verhält zum Wasserdunst (Wasser in Form sehr kleiner, in der Luft suspendirter Bläschen: Wolken, Nebel), so verhält sich in Betreff seiner Verbreitung durch die Atmosphäre das gasförmige Ammoniak (und seine kohlensaure Verbindung) zu dem im Wasserdunste aufgelösten. Wie das Wassergas an der Oberfläche kalter Gegenstände und deren Umgebung condensirt und angehäuft, scheinbar von denselben angezogen wird, so wird das Ammoniakgas von dem Wasser, und besonders rasch von dem, eine außerordentlich große Oberfläche darbietenden, dunstförmigen Wasser angezogen und angehäuft.

Diejenigen Orte, auf welche viel und namentlich häufiger Regen fällt, bekommen mit demselben mehr Ammoniak aus der Luft zugeführt, als die an Regen armen. Ebenso erhalten alle, die Nebel- und Thaubildung begünstigenden Gegenden mehr davon, als diejenigen, welche die Bedingungen zu deren Entstehung in geringerem Grade darbieten. Sie erhalten diese größere Quantität auf Kosten der letzteren: denn wo die Bedingungen zum Niederschlag fehlen, sind diejenigen für die Verdunstung in um so größerem Maße vorhanden. Hier verdunstet mehr Ammoniak, und kommt weniger zurück, als an jenen Orten, wo dieselben Verhältnisse den wässerigen Niederschlag befördern und die Verdunstung hindern. Die Menge der Niederschläge vermehren, heißt sowohl die im Boden vorhandene Menge Ammoniak conserviren, als derselben neue Quantitäten hinzufügen.

Die Zahlen, um welche es sich hier handelt, sind keineswegs gering: während eine Million Gewichtstheile von frisch gefallenem Schnee 1,78 Theile Ammoniak enthielten, fanden sich in demselben, nachdem er 36 Stunden auf Gartenerde gelegen hatte, 10,34 davon. Im Sommer, wo die Verdunstung ungleich energischer auftritt, muß durch ein gleiches Gewicht Regen, Thau oder Nebel unter ähnlichen Umständen eine weit größere Menge Ammoniak aufgenommen werden. Der die größte Absorptionsfläche darbietende Nebel wird, wenn er allmälig als Thau niederfällt, am meisten von jenem Stoffe mit sich führen, besonders wenn er sich aus einiger Höhe langsam hinabsenkt.

Ueber die Bedingungen, welche die wässerigen Niederschläge begünstigen, wird weiterhin ausführlicher gesprochen werden; hier mag die Bemerkung genügen, daß den Pflanzen in hohem Grade jene Eigenschaft zukommt. Besonders sind es die blattreichen, welche die Thaubildung in gleichem Maße veranlassen, als sie die directe Verdunstung aus dem Boden hindern. Die durch üppigen und dichten Graswuchs ausgezeichneten Wiesen bieten vorzugsweise die Erscheinung des Nebels und Thaues dar.

Es ist schon bemerkt worden, daß durch die wässerigen Niederschläge der gesammte Ammoniakgehalt des Bodens und der Luft nicht im Mindesten alterirt wird; sondern daß überall, wo auf einer Stelle mehr angehäuft wird, dies nur auf Kosten anderer Gegenden geschehen kann; ähnlich wie das unter den Menschen umlaufende Geldcapital in seinem Kreislaufe an den verschiedensten Stellen sich anhäuft, von der einen Seite hinüberfließt zur andern, ohne dadurch an Größe ab- oder zuzunehmen. Zu dem Ammoniakcapital der Luft steuert jeder Ackerboden bei, aber nicht jeder einen gleichen Antheil; auch erhält nicht jeder gleichviel zurück: der eine mehr als er beisteuerte, der andere weniger. Es sehe jeder Landwirth zu, wie er aus dem gemeinsamen Capital der Atmosphäre so viel als thunlich für seinen Boden gewinnen mag. Jedoch davon später.

Was ferner die ganze von den Ackerbau treibenden Völkern bebaute Fläche von Ländereien betrifft, so entsteht in Bezug auf dieselbe die Frage, ob sie durch die fortdauernde Verdunstung an Ammoniak verliert, oder ob sie durch die Niederschläge ebensoviel zurückerhält. Die Niederschläge fallen nicht allein auf die Aecker, sondern auch auf die unbebauten Stellen, auf die Wälder und auf die Flüsse, Seen und Meere. Und die Frage stellt sich daher so, ob diese letzteren ebensoviel Ammoniak an die Atmosphäre zurückgeben, als sie daraus empfangen. In Betreff der Gewässer möchte man das mit gutem Grunde behaupten können: eine Quantität verdunsten sie direct mit dem Wasser, eine andere entwickelt sich aus den von ihnen ausgeworfenen, am Strande verwesenden, Pflanzen und Thieren. Der Wald aber giebt nicht zurück was er empfing: einestheils häuft er (und besonders in seinem Urzustande) große Massen von Dammerde, und in ihr eine bedeutende Menge Stickstoff an, und anderntheils wird der Stickstoff des Brennholzes, wie erwähnt, meist in freiem, unverbun-

denem Zustande der Atmosphäre zugeführt. Wenn sich daher im Laufe der Zeit die Ertragsfähigkeit der Aecker, als Ganzes betrachtet, nicht nachweisbar vermindert hat, so muß das denselben durch die Wälder entzogene Quantum Ammoniak auf andere Weise wieder ersetzt worden sein und fortdauernd ersetzt werden.

Wenn sich aber auch der den Pflanzen zugängliche, der in dem vorhin erwähnten Kreislaufe begriffene Theil des überhaupt existirenden Ammoniaks jetzt nicht erheblich verändern, und sich noch für eine lange Zeit unverändert erhalten sollte; so viel ist gewiß, daß die gesammte Quantität des vorhandenen Ammoniaks (und der vorhandenen stickstoffhaltenden organischen Substanzen) fortdauernd abnehmen muß, wenn nicht annoch unbekannte Bedingungen da sind, unter denen ebensoviel freier Stickstoff mit Wasserstoff zu Ammoniak verbunden wird, als durch die verschiedenen Processe aus stickstoffhaltigen Stoffen entbunden wird.

Das freie Ammoniak, und, wenngleich in viel geringerem Grade, dessen kohlensaures Salz, sind flüchtig und werden deshalb, wie gesagt, periodisch vom Boden in die Luft und aus der Luft zurück in den Boden geführt. Die übrigen Verbindungen des Ammoniaks sind erst in höherer Temperatur flüchtig und bleiben daher im Erdboden. Von ihnen sind das schwefelsaure und das humussaure Salz zu erwähnen. Letzteres wird, bevor es von den Pflanzen aufgenommen werden kann, höchst wahrscheinlich erst in kohlensaures Ammoniak verwandelt, ist aber dennoch, wie später ausführlicher gezeigt werden soll, von nicht geringer Bedeutung, da es die Anhäufung größerer Mengen von Ammoniak in einem bestimmten Boden gestattet.

Wird den Culturpflanzen (bis zu einer gewissen Grenze) mehr Ammoniak geboten, als in den meisten Gegenden von Natur der Fall ist, so assimiliren sie auch mehr davon, und liefern, unter sonst günstigen Verhältnissen, eine größere Masse Pflanzensubstanz. Es giebt jedoch einzelne außerordentlich fruchtbare Länder, in denen die natürlichen Quellen so viel Ammoniak liefern, als zur Erreichung der größtmöglichen Ernte nur erfordert werden kann. Worin diese beneidenswerthen Quellen bestehen, kann nicht bestimmt angegeben werden; so viel ist aber gewiß, daß alle jene Länder ausgezeichnet sind durch große Feuchtigkeit, sowohl des Bodens als der Atmosphäre, und daß sie sich deshalb in einem ähnlichen Verhältnisse befinden, wie bei uns diejenigen

fruchtbaren Wiesen, denen ebenfalls von Natur hinreichend Ammoniak zugeführt wird.

Ob die Pflanzen, oder wenigstens einige von ihnen, freies und kohlensaures Ammoniak durch die Blätter aufzunehmen im Stande sind, ist noch nicht völlig ausgemacht. Da sie es aber mit dem Wasser abdunsten, so ist von vorne herein kein Grund vorhanden, die Möglichkeit der Aufnahme zu bestreiten. Auch sprechen dafür die Vegetationsversuche, bei denen man Pflanzen in ausgeglühter Erde, die nur mit destillirtem Wasser naß erhalten wurde, zu einer mehr oder weniger vollkommenen Ausbildung brachte. Die Atmosphäre war ihnen die einzige Quelle des Ammoniaks, welches unter den obwaltenden Umständen den Wurzeln wohl nicht in hinreichender Menge zugeführt werden konnte. Bei diesen Versuchen entwickelte sich der Klee ziemlich normal; ihm mehr oder weniger ähnlich verhielten sich die übrigen blattreichen Pflanzen (Hülsenfrüchte ꝛc.); die eigentlichen Halmfrüchte (Weizen, Roggen, Hafer, Gerste) kamen nur zu einer kümmerlichen Ausbildung. Die Feststellung dieser Verhältnisse durch eine größere Reihe von Versuchen würde von nicht geringem Interesse sein. Es wäre dabei übrigens zu berücksichtigen, ob das Ammoniak im trockenen, gasförmigen Zustande (was allerdings, so lange die Pflanzen abdunsten, mehr als unwahrscheinlich ist) oder nur in Wasser aufgelöst durch die Spaltöffnungen der Blätter einzudringen vermag.

Es ist vielfach darüber gestritten worden, ob die Salpetersäure von den Pflanzen assimilirt werden könne. Die außerordentlich befruchtende Wirkung der salpetersauren Salze ist zwar allgemein bekannt, aber die Beobachtung, daß die Salpetersäure sich mit eben frei werdendem Wasserstoff zersetzt und Ammoniak bildet, hat zu der Annahme geführt, daß dieselbe stets erst auf solche Weise, unter den im Ackerboden häufig sehr günstigen Verhältnissen, zersetzt werden müsse, ehe sie von den Pflanzen aufgenommen und assimilirt werden könne. Dieser Annahme steht jedoch die unleugbare Thatsache entgegen, daß die salpetersauren Salze ganz besonders auf sandigem, an Humus sehr armen Boden eine lebhafte Vegetation hervorrufen. Die Entwickelung einer, zur fraglichen Zersetzung der Salpetersäure, hinreichenden Menge von Wasserstoff ist in solchem Boden kaum anzunehmen. Es ist aber immerhin glaublich, daß die Umwandlung in Ammoniak noch innerhalb der Pflanzen vor sich geht; in diesem Falle wäre jedoch, nach

der eingangs gegebenen Definition, die Salpetersäure als Nahrungsmittel der Gewächse aufzuführen.

Einige Pflanzen, namentlich der Taback, die Sonnenblume und mitunter die Runkelrüben, enthalten in ihrem Safte eine nicht unbedeutende Menge von Salpeter (salpetersaures Kali); wie Versuche gelehrt haben, vermögen sie die Salpetersäure aus dem Stickstoff des Ammoniaks zu bilden.

Die Quantität der stickstoffhaltigen Bestandtheile der Pflanzen ist durchschnittlich nicht bedeutend; die Proteinstoffe, als die hauptsächlichsten unter ihnen, finden sich vorzugsweise in den Samen der Getreidearten angehäuft.

5. Die **unorganischen** Bestandtheile der Gewächse.

Die Bezeichnung „unorganische Bestandtheile" ist der Ansicht entsprungen, daß jene Stoffe nicht zum Organismus gehören, daß sie also überhaupt gar nicht assimilirt sind, sondern nur aufgenommen werden, weil keine Mittel da sind, sie abzusperren; daß sie, ohne in eine nothwendige Beziehung zu der Vegetation getreten zu sein, abgelagert werden, wie sie im Boden abgelagert sind; daß ihnen daher höchstens die Bedeutung einer unschädlichen Verunreinigung beizulegen ist. In diesem Sinne sind jene Substanzen keine Nahrungsmittel, und dürften also hier keinen Platz zur Besprechung finden. Ihnen kommt aber in der That die entgegengesetzte Bedeutung zu: sie sind durchaus nothwendig für die Entwickelung der Pflanzen, ebenso nothwendig, wie die vorangehend erwähnten Nahrungsmittel; sind, wie diese, nur unorganisch, so lange sie in der unorganisirten Natur verweilen; aber organisch von dem Augenblicke an, wo sie in die Substanz irgend eines Organismus eintreten.

Obgleich nun jetzt die absolute Nothwendigkeit der sogenannten unorganischen Bestandtheile für die Entwickelung der Pflanzen von Niemandem mehr geleugnet wird, und auch den vielen entscheidenden Versuchen und Untersuchungen gegenüber nicht mehr geleugnet werden kann; so nimmt man dennoch häufig an, daß jene Stoffe nicht zu der eigentlichen Pflanzensubstanz zu rechnen seien, sondern daß sie mehr oder weniger unverändert außerhalb derselben stehen bleibend, auf eine freilich nicht näher anzugebende Art deren Bildung unterstützen

und bedingen. Wir können dieser Ansicht nicht beitreten; wenn wir aber dennoch die Bezeichnung *unorganische Bestandtheile* beibehalten, so geschieht dies deshalb, weil dieselbe einmal durch den allgemeinen Gebrauch so eingebürgert ist, daß man sie nur auf Kosten der Verständlichkeit verlassen könnte. Die Benennung *Aschenbestandtheile* paßt dafür streng genommen ebensowenig, weil nicht alle jene Substanzen, welche man unorganische nennt, in der Asche vollständig wiedergefunden werden; und weil, wie schon früher bemerkt, die größere oder geringere Flüchtigkeit nicht zu einem durchgreifenden Eintheilungsprincip erhoben werden kann.

Die eigentliche Verwerthung jener Substanzen für die Bildung der Gewächse ist allerdings noch sehr wenig aufgeklärt; und davon trägt gewiß die Eintheilung in organische und unorganische Stoffe einen nicht geringen Theil der Schuld. Dergleichen Eintheilungen, wie sie in der Wissenschaft für den Zweck der leichteren Uebersicht gemacht werden, erziehen den Lernenden gar leicht von Anfang an in dem Vorurtheile, daß solche Abgrenzungen und Trennungen in der Wirklichkeit bestehen; und nur mit einer gewissen Anstrengung befreit man sich wieder von demselben, um mit unbefangenem Blicke die Natur als *ein Ganzes* zu betrachten. So hat man sich denn auch allmälig daran gewöhnt, die organischen und unorganischen Substanzen gleichsam als die beiden sich einander gegenüberstehenden Bestandtheile der Pflanzen anzusehen: und hat bei den Untersuchungen entweder *nur* die ersteren, oder *nur* die letzteren berücksichtigt. So konnten die nothwendigen Beziehungen, welche zwischen beiden zweifelsohne bestehen, natürlich nicht erkannt werden. Diese Beziehungen aber werden, soweit man von vorne herein zu urtheilen berechtigt ist, hauptsächlich nur *chemischer* Natur sein können. Und da chemische Einwirkungen von den unorganischen Stoffen auf die organischen, ohne daß beide eine wirkliche Verbindung mit einander eingehen, anzunehmen durchaus kein Grund vorliegt: so müssen wir, so lange nicht das Gegentheil bewiesen, der Ansicht sein, daß die nothwendigen unorganischen Substanzen allermeist, wenigstens zu irgend einer Zeit, mit organischen *in chemischer Verbindung* waren. Es kann alsdann die Entstehung der organischen Substanz abhängig sein von der Gegenwart der mit ihr in Verbindung tretenden unorganischen; oder die erstere wird unabhängig von letzterer gebildet, kann aber nur im Verein mit ihr die

für das Wachsthum der Pflanzen erforderlichen weiteren Umwandelungen erfahren. In dieser Weise haben wir zunächst die Nothwendigkeit der unorganischen Stoffe für die Entstehung und Entwickelung der Vegetabilien aufzufassen.

Wir haben schon früher die hauptsächlichsten der in den Pflanzen aufgefundenen organischen Säuren genannt. Dieselben kommen darin nicht im freien Zustande vor, sondern stets in bestimmten Verbindungen mit gewissen, meist unorganischen, Basen. Wir finden die Oxalsäure als doppelt saures Kalisalz, oder als oxalsauren Kalk; und ganz ebenso die Weinsteinsäure als saures Kali- oder neutrales Kalksalz. Es ist außerordentlich wahrscheinlich, daß sich jene Säuren nicht ohne die Gegenwart der unorganischen Basen bilden können; wenigstens spricht dafür die Unveränderlichkeit der mit ihnen verbundenen Basen, sowohl in Hinsicht der Qualität, als Quantität. Die Behauptung, daß die Säuren, namentlich die Oxalsäure, in manchen Pflanzen als freie Säuren erzeugt werden, ist wohl nicht unzweifelhaft erwiesen; in keinem Falle aber ist es die Ansicht, daß die Oxalsäure bei ihrer Anhäufung im freien Zustande den Pflanzen schädlich werden würde, und daß der Kalk nur dazu diene, dieselbe zu neutralisiren und in Form eines unschädlichen Salzes abzulagern. Wenn es nur darauf ankäme zu neutralisiren, so müßte es ziemlich gleichgültig sein, durch welche Base dies geschieht; eine wechselnde Vertretung der verschiedenen Basen kommt aber durchaus nicht vor. Findet sich in einer Pflanze ein organisch saures Salz, so haben wir daher zunächst immer dieses, und nicht etwa nur die Säure allein, als Produkt des Vegetationsprocesses und als Pflanzenbestandtheil anzusehen; mag dasselbe eine Rolle spielen, welche es wolle, mag es für die weitere Entwickelung der Pflanze nothwendig sein, oder nicht. Wir kennen eine große Reihe auch von rein organischen Verbindungen, von denen nicht nachzuweisen ist, inwiefern sie für das Bestehen und die fernere Entwickelung der Gewächse, in denen sie vorkommen, nothwendig sind; aber es ist ja auch gar nicht gesagt, daß sie das alle sein sollen. Wozu dient z. B. das Harz, wozu die ätherischen Oele ꝛc?

Manche der pflanzensauren Salze bleiben gewiß von der Zeit ihrer Bildung an fortdauernd in demselben Zustande, ohne weitere Veränderungen zu erleiden; dies wird namentlich bei den als unlösliche Krystalle abgelagerten allermeist der Fall sein. Die die orga-

nischen und unorganischen Bestandtheile der Pflanzen zugleich berücksichtigende Analyse giebt hier sofort vollständigen Aufschluß über die Bedeutung der in jenen Salzen gebundenen unorganischen Basen. Aber ein großer Theil solcher Salze wird höchst wahrscheinlich im Laufe des Vegetationsprocesses zersetzt: die organischen Säuren gehen über in Verbindungen, welche den sauren Charakter nicht beibehalten, und die mit ihnen verbundenen Basen werden deshalb frei; und nun fragt es sich, welche Rolle sie ferner spielen. Möglich ist, daß sie sofort wieder zur Bildung einer neuen Portion Säure beitragen, von welcher sie durch deren weitere Zersetzung dann wieder getrennt werden, um denselben Kreislauf von vorne zu beginnen. Eine kleine Quantität Basis würde auf diese Weise genügen, um eine unbestimmte Menge von Säure, und die durch deren Zersetzung hervorgehenden weiteren organischen Verbindungen bilden zu helfen. Aehnlich wie eine kleine Quantität Salpetersäure genügt, um eine sehr große Menge von Schwefelsäure durch Uebertragung von Sauerstoff an die schweflige Säure, und sofortiger Wiederaufnahme des abgegebenen Quantums aus der atmosphärischen Luft, zu erzeugen. Von der Basis wird um so *weniger* erforderlich sein, je *rascher* die beschriebene Bildung und Zersetzung der Säure vor sich geht. Und da nun die Schnelligkeit, womit dies geschieht, möglicher Weise auch in derselben Pflanze unter verschiedenen Verhältnissen wechseln kann, so ist es klar, daß ein constantes Verhältniß zwischen der Basis und der durch ihre Vermittelung gebildeten organischen Substanz nicht nothwendiger Weise überall zu bestehen braucht. Die Analyse wird hier schon ungleich schwieriger die nothwendige Beziehung der Basis zu der organischen Verbindung nachzuweisen im Stande sein, als in jenen Fällen, wo ein bestimmtes Verhältniß zwischen beiden besteht. — Es ist aber auch denkbar, daß die von der Säure getrennte Basis nicht, wie so eben angenommen, zur Bildung einer neuen Portion Säure gebraucht wird: sie kann mit anderen organischen oder unorganischen Stoffen Verbindungen eingehen (im freien Zustande kann sie sich nicht halten, da wenigstens die Kohlensäure überall in der lebenden Pflanze verbreitet ist), kann mit ihnen in den Zellen abgelagert, oder in andere Pflanzentheile übergeführt, oder endlich vielleicht aus der Pflanze ganz und gar entfernt werden. Wir sehen, wie verwickelt die Verhältnisse hier auftreten können, und wie schwierig es daher sein muß, dieselben aufzuklären.

Die pflanzensauren Salze erscheinen nach dem Verbrennen in der Asche als kohlensaure. Es ist jedoch nicht erlaubt, aus der Menge der kohlensauren Salze der Asche einen bestimmten Schluß auf die in der unversehrten Pflanze vorhanden gewesenen organischen Säuren zu machen; da auf der einen Seite häufig eine gewisse Quantität fertig gebildeter kohlensaurer Salze schon in den lebenden Pflanzen vorkommt, auf der anderen Seite aber wiederum ein unbestimmter Theil der vorhandenen und durch die Verbrennung erzeugten kohlensauren Salze während der Einäscherung zersetzt wird: und zwar erstens durch vorhandene freie unorganische Säuren (Kieselsäure), zweitens durch Säuren, welche durch die Verbrennung gebildet werden (Schwefelsäure aus dem Schwefel), drittens durch Bildung von mehr basischen Salzen; und endlich durch Säuren, welche an Ammoniak und an organische Basen, welche durch die Hitze zerstört werden, gebunden waren. Außerdem ist noch zu berücksichtigen, daß die meisten der pflanzensauren Salze doppelt sauer sind, d. h. doppelt so viel Säure enthalten, als der Kohlensäure in dem gebildeten kohlensauren Salze entspricht. Die an Ammoniak und organische Basen gebundenen organischen Säuren gehen bei der Einäscherung durch die entweichende Kohlensäure verloren. Die salpetersauren Salze geben wiederum zur Bildung von kohlensauren Veranlassung. — Auch darf man nicht annehmen, daß die in der Asche an Kohlensäure gebundenen Basen die nämlichen sind, welche in der lebenden Pflanze mit organischen Säuren verbunden waren, da sich in der Hitze die verschiedenen Salze mannichfach zersetzen. Es ist daher auch aus diesen Verhältnissen klar, daß man die lebenden Pflanzen untersuchen muß, wenn man erfahren will, welche und wie viele Basen mit den verschiedenen organischen Säuren verbunden sind.

In Betreff der übrigen, nicht an Kohlensäure gebundenen Basen der Asche (namentlich der phosphorsauren Salze) kann nicht ohne Weiteres gefolgert werden, daß sie in der lebenden Pflanze außerhalb jeder chemischen Verbindung mit organischen Bestandtheilen standen. Wir kennen auch Verbindungen der letzteren mit solchen Salzen. Um aus der Thierchemie ein bekanntes Beispiel zu entnehmen, erinnern wir an die Verbindung des Leims mit dem phosphorsauren Kalk, welche sich in den Knochen darbietet. Solche Verbindungen durch die Analyse nachzuweisen, ist um so schwieriger, als sie nicht in bekannten und

bestimmten Verhältnissen auftreten, als sie ferner nicht immer krystallisirbar sind, und überhaupt sehr leicht zersetzt zu werden pflegen.

Wenn man die verschiedenen näheren Bestandtheile der Pflanzen, so weit dieselben ohne Anwendung von starken, die organischen Substanzen zersetzenden chemischen Agentien von einander getrennt erhalten werden können, einäschert, so hinterlassen viele derselben Aschen, welche sowohl hinsichtlich ihrer Menge, als ihrer Zusammensetzung wesentlich von einander abweichen. In wie weit man daraus auf eine nothwendige Beziehung dieser Aschen zu den organischen Substanzen, welche sie lieferten, schließen darf, ist noch zweifelhaft. Andere der näheren Pflanzenstoffe (z. B. Stärke, Zucker) hinterlassen keine Asche. Man darf nach dem früher Gesagten daraus nicht sofort schließen, daß sie ohne Mitwirkung von unorganischen Substanzen entstanden sind. Es ist leicht möglich, daß sie aus Säuren, oder aus Zersetzungsprodukten von Säuren hervorgingen, welche letztere nur mit Hülfe von unorganischen Basen erzeugt werden konnten. Wie man daher auf der einen Seite in Betreff der organischen Substanzen, welche nach dem Verbrennen keine Asche hinterlassen, nicht auf deren, von unorganischen Stoffen unabhängige Bildung schließen darf; so kann man auf der andern Seite von den unorganischen Substanzen, welche wirklich außerhalb jeder Verbindung mit organischen Bestandtheilen angetroffen werden, auch nicht behaupten, daß sie für die Entwickelung der Pflanzen gleichgültig seien, oder daß sie wenigstens in chemischer Hinsicht nicht zur Erzeugung von Pflanzenstoffen mitwirkten: sie konnten früher sehr wohl in chemischer Verbindung mit organischen Bestandtheilen gewesen, und erst später durch deren weitere Umwandlung von ihnen getrennt worden sein.

Diese, hier weitläufiger besprochenen Verhältnisse können zum Beweise dienen, wie wenig berechtigt man zur Einführung der Bezeichnung „unorganische Pflanzenstoffe“ war, denn alle diejenigen dieser Stoffe, welche irgend einmal in Verbindung mit einem organischen Bestandtheil waren, und welche namentlich in einer so nothwendigen Beziehung zu demselben standen, daß er sich nicht würde ohne sie gebildet haben; alle diese sind mit unbestreitbarem Rechte als Theile des Organismus zu betrachten; und es ist nicht erlaubt den verbrennlichen Theil der Verbindung von ihnen zu trennen und allein als organisch zu bezeichnen; da nicht er, sondern die ganze Verbindung,

das Produkt des Vegetationsproceſſes darſtellt. Wir glauben uns daher durchaus berechtigt, die ſogenannten unorganiſchen Stoffe, welche zur Entwickelung der Pflanzen unumgänglich nothwendig ſind, mit als Nahrungsmittel derſelben aufführen zu dürfen.

In chemiſcher Hinſicht können, ſoweit unſere Kenntniſſe jetzt reichen, die unorganiſchen Stoffe nur die im vorhergehenden beſprochene Bedeutung für die Erzeugung von Pflanzenſubſtanz haben. Von einigen derſelben hat man nun aber behaupten wollen, daß ihre Bedeutung überhaupt gar nicht in ihren chemiſchen Eigenſchaften beruhe, daß ſie durchaus nicht direct ſich bei dem Ernährungsproceß betheiligten; ſondern daß ſie nur in einer rein *mechaniſchen* Beziehung zu den eigentlichen Beſtandtheilen der Gewächſe verblieben. Der *Kieſelſäure* hat man namentlich häufig eine ſolche Rolle zuertheilt. Sie ſoll in den Halmen der Gräſer und Schachtelhalme, worin ſie ſich in bedeutenden Mengen findet, wie man ſagt, nur dazu dienen, den Halmen die gehörige Feſtigkeit zu geben. So gewiß es iſt, daß die Kieſelſäure den fraglichen Pflanzentheilen eine bedeutende Feſtigkeit verleiht, ſo mißlich iſt dennoch jene Behauptung. Wozu dient der Zellſtoff, wozu insbeſondere die Verdickungsſchichten der Zellwände? Man könnte mit demſelben Rechte auch von ihnen behaupten, daß ſie nur dazu daſeien, um den Pflanzen Feſtigkeit zu geben. Ueberdies iſt es noch gar nicht ausgemacht, daß die Kieſelſäure in den eben erwähnten Pflanzen *ſofort* im *freien* Zuſtande abgelagert wurde, wenn man auch zugeben will, was ebenfalls nur erſt in einzelnen Fällen erwieſen iſt, daß ſie ſich *ſpäter* in ſolchem befindet. Die Kieſelſäure iſt nicht im *Innern* der Zellen ausgeſchieden; ſie findet ſich in der umſchließenden *Membran*, woſelbſt ſie ſo regelmäßig und zuſammenhängend abgelagert iſt, daß man ſie faſt als eigne Membran bezeichnen könnte. Bei vorſichtigem Einäſchern der Pflanzen erhält man eine Aſche, welche die Zellenform völlig deutlich bewahrt hat, wahre Kieſelzellen; ähnlich wie die Knochen nach der Verbrennung der Leimſubſtanz die alte Form bewahren. Die Kieſelſäure wird von den Pflanzen wohl zumeiſt in Verbindung mit Kali aufgenommen, und befindet ſich in dieſem Zuſtande ebenfalls in dem Zellſafte gelöſt. Sehen wir auch zunächſt von den Urſachen, welche die *Zerſetzung* des Salzes herbeiführen, ganz ab, (weil dieſelben möglicher Weiſe von den übrigen unorganiſchen Subſtanzen abhängig ſein könnten); ſo haben wir doch nach *den* Urſachen zu fragen,

welche die gleichförmige Ablagerung in der Zellmembran bewirken. Eine einfache Ausscheidung, veranlaßt durch Mangel oder Veränderungen von Lösungsmitteln, liegt offenbar nicht vor. Dagegen spricht im Allgemeinen schon die Gleichmäßigkeit der Ablagerung; vollständig überzeugend aber der Umstand, daß dieselbe nicht auf die Innenseite der Zellwand geschieht, sondern an der Außenseite des Primordialschlauches, der innersten stickstoffhaltigen Umkleidung der Zelle. Die eigentliche Ursache der Ausscheidung müßte demnach in der stickstofffreien Membran liegen; und ob das eine andere als eine chemische sein kann, ist doch sehr zweifelhaft. Es ist freilich bis jetzt nicht möglich, weiter darüber zu entscheiden, ob jene Ursache vielleicht in einer Anziehung besteht, welche die fertig gebildete Membran auf die Kieselsäure ausübt; oder ob schon die Bildung der Membran, oder eines Theils derselben nicht vor sich gehen kann, ohne die Mitwirkung jener Säure. Gegen die letztere Annahme spräche die Angabe, daß sich die Pflanzen, auch wenn ihnen keine Kieselsäure geboten wird, eine Zeit lang weiter zu entwickeln vermögen, daß also auch ohne diese Säure neue Zellen entstehen können. Daß deren Membran aber dieselbe Zusammensetzung und dieselben Eigenschaften besitzt, als die bei Gegenwart von Kieselsäure gebildete (natürlich nach Abzug dieser letzteren), ist allerdings nicht nachgewiesen. Vielleicht ist es erlaubt die Rolle der Kieselsäure in jenen Zellen mit derjenigen zu vergleichen, welche die phosphorsaure Kalkerde in den Knochen spielt. Fehlt das Kalksalz in der Nahrung, so bilden sich zwar noch weiter Knochen, aber der Leim herrscht in ihnen vor, sie sind biegsam und unfähig, den Körper zu tragen. Im Alter nimmt die Menge des Kalksalzes zu, und es scheint, als ob die Verbindung mit dem Leim theilweise aufhört; die Knochen werden spröde und zerbrechlich.

Wenn nun aber auch die Kieselsäure frei und ohne unmittelbare chemische Beziehung zu der Zellenmembran, oder irgend welchen anderen Pflanzenstoffen abgelagert sein sollte, so wäre damit noch durchaus kein Grund gegeben, sie im Gegensatze zu den organisirten Substanzen, als wirklich unorganisirt hinzustellen. Das Hauptkennzeichen der organisirten Materie ist die Gestalt, die Zellenform, nicht sowohl der eigenthümliche Charakter der chemischen Zusammensetzung. Wenn daher die Kieselsäure jene Gestalt besitzt, so muß sie, zumal da ihre derartige Form nicht die Folge ist einer zufälligen mechanischen Infiltration,

sondern durch den Vegetationsproceß selbst nothwendig bedingt wird, als organisirt angesehen werden. Es ist nicht gesagt, daß die Zellwand der Organismen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen muß; warum sollte nicht auch eine Pflanze denkbar sein, in welcher Zellen ganz oder theilweise durch Wände von Kieselsäure umschlossen sind?

Früher hatte man den unorganischen Stoffen noch eine andere Bedeutung für die Entwickelung der Vegetabilien beigelegt, indem man annahm, daß sie zur Einführung gewisser Nahrungsmittel, welche nur in Verbindung mit ihnen löslich und aufnehmbar seien, nothwendig wären. Wenn man die Humuskörper nicht zu den Nahrungsmitteln der Pflanzen rechnet, so fällt für eine derartige Annahme alle und jede Veranlassung weg.

Wenn in dem Vorstehenden in Betreff der Verwendung der unorganischen Stoffe in dem Organismus der Pflanzen, fast nur allgemeine Andeutungen und Vermuthungen aufgezeichnet werden konnten, so hat das eben seinen Grund in der geringen Zahl der angestellten Untersuchungen und zum Theil auch in der Mangelhaftigkeit der bei ihnen angewandten Methoden. Besteht die Nothwendigkeit der Aschenbestandtheile, wie es mehr als wahrscheinlich ist, in ihrer Beziehung zu den organischen Substanzen; so muß die Untersuchung, welche diese Beziehungen nachweisen soll, natürlich gleichzeitig auf beide Theile gerichtet werden. Zu den vielen und großen Schwierigkeiten aber, womit solche Untersuchungen verbunden sind, und auf welche theilweise schon früher hingewiesen wurde, gesellt sich noch die, daß die Analysen nicht an einem und demselben Pflanzen-Individuum vorgenommen werden können, die verschiedenen Individuen aber meist nicht absolut gleich zusammengesetzt sind. Solche Veränderlichkeiten werden wahrscheinlich durch Ungleichmäßigkeiten in der Beschaffenheit des Bodens hervorgerufen, und man sollte deshalb die zur Analyse bestimmten Pflanzen in einem eigenen, sorgfältig gemischten Ackerboden erziehen, um dadurch einer Quelle von störenden Irrthümern möglichst zu entgehen.

Um die Bedeutung der unorganischen Stoffe für die Vegetation näher kennen zu lernen, und insbesondere um diejenigen näheren organischen Bestandtheile zu entdecken, zu welchen die einzelnen unorganischen Verbindungen in nothwendiger Beziehung stehen, ist die Methode der Untersuchung als besonders lohnende Resultate versprechend be-

zeichnet worden, nach welcher Pflanzen in künstlich gemischter Erde, die alle erforderlichen Aschenbestandtheile mit Ausnahme eines einzigen enthält, gezogen werden. Solche Pflanzen können dann diejenige organische Substanz, deren Bildung von dem fehlenden Aschenbestandtheil abhängt, nicht produciren; und durch vergleichende Analysen hoffte man dieselbe sofort nachzuweisen. Bedenken wir aber, daß in den Vegetabilien die verschiedenen Bestandtheile offenbar in Beziehung zu einander stehen, und daß daher das Fehlen eines einzigen die Ausbildung vieler anderer beeinträchtigen muß: so ist wenig Hoffnung vorhanden, durch die Anwendung jener Methode sogleich schon zu genügenden Resultaten zu gelangen. Gesetzt z. B. die Bildung des Eiweiß sei abhängig von der Gegenwart des phosphorsauren Eisenoxyd, so würden in einem Boden, der jenes Salz nicht enthält, die Pflanzen kein Eiweiß erzeugen können, aber zu gleicher Zeit und in demselben Verhältnisse auch alle übrigen Verbindungen nicht, deren Entstehung ihrerseits wieder von dem Vorhandensein des Eiweiß abhängt. Durch die Analysen könnte also nicht bestimmt werden, zu welchem von den fehlenden Bestandtheilen das phosphorsaure Eisenoxyd in unmittelbarer Beziehung steht. —

Die Menge der in den verschiedenen Pflanzen gefundenen Aschenbestandtheile ist im Allgemeinen nicht bedeutend, und beträgt in den meisten Fällen nur einige Procente von dem Gewichte der ganzen Pflanzen. Die krautartigen, blattreichen Gewächse geben die meiste Asche, die Holzarten am wenigsten. Den durchschnittlichen Aschengehalt der Ackerbaupflanzen hat man aus vielen Analysen berechnet, und gefunden, daß die Körner der Cerealien 2 und deren Stroh 5,25 Procent, die Körner der Hülsenfrüchte 3, der Oelfrüchte 4 und deren Stroh beziehungsweise 5,00 und 4,50 Procent durchschnittlich enthalten. Im Klee dagegen befinden sich 7,76, in der Luzerne 9,55; in den Blättern der Runkelrübe 20,30, der Möhren 21,30, des Tabacks 22,62; in den Knollen der Kartoffeln 4,17, in den Wurzeln der Runkelrüben 8,27, der Turnips 7,20 Procent (vergl. die Tabellen der Aschenanalysen).

Während so die verschiedenen Pflanzen auffallende Unterschiede in ihrem Aschengehalte darbieten, ändert sich derselbe in den einzelnen Individuen ein und derselben Pflanzenspecies, auch wenn solche auf ungleichartigen Aeckern gewachsen sind, nicht sehr beträchtlich, wie

die nachstehenden Tabellen über die Aschenanalysen deutlich zeigen. In den Körnern und überhaupt in den Früchten zeigen sich überall die Unterschiede weit weniger, als in dem Stroh, den Stengeln und Blättern. Die festen Bestandtheile der Pflanzen enthalten, so weit die wenigen in dieser Beziehung angestellten Versuche ein Urtheil erlauben, weit weniger Aschenbestandtheile als der Saft. Der vom Eiweiß befreite Saft der Kartoffeln hinterließ nach dem Eindampfen einen trockenen Rückstand, welcher 23,45 bis 36,48 Procent Asche gab. Der Faserstoff der Kartoffeln enthielt wenig über 1 Procent (wobei jedoch zu berücksichtigen, daß der untersuchte Faserstoff nicht rein war, sondern eine beträchtliche Quantität von nicht auszuwaschender Stärke, welche aschenfrei ist, enthielt), die Schale derselben dagegen 8,7 bis 10,3, die Stärke aber nur eine kaum bestimmbare Quantität.

Diese Zahlen sind der Ansicht nicht ungünstig, nach welcher sich die festen Hauptbestandtheile der Gewächse, aus Säuren oder anderen organischen Substanzen, welche in Verbindung mit unorganischen Stoffen im Safte aufgelöst sind, entstehen. Nach der Zersetzung der Säuren werden die unorganischen Stoffe dann frei, und können, wie schon gesagt, zur Bildung einer neuen Portion Säure beitragen, oder sich doch wenigstens mit der etwa anderweitig gebildeten vereinigen. Es geht aus obigen Zahlen auch hervor, wie wenig Grund vorhanden war, aus dem kleinen Theil, welchen die Aschen vom Gewichte der ganzen Pflanzen einnehmen, auf deren untergeordnete Bedeutung zu schließen, oder die Möglichkeit einer wirklich chemischen Beziehung derselben zu der Hauptmasse des organischen, verbrennlichen Theils zu leugnen. Auch wenn man noch eine beträchtliche Quantität der im Safte gelösten unorganischen Bestandtheile als frei und unverbunden in Abrechnung bringt, so bleiben dennoch vollauf so viele übrig, um zur Sättigung der organischen Säuren ꝛc. auszureichen. Der Stickstoff macht ebenfalls nur einen sehr kleinen Theil vom Gesammtgewichte der Pflanzen aus, und dennoch ist er von der nothwendigsten Bedeutung, seine Menge ist klein, weil die stickstoffhaltigen Verbindungen nur einen kleinen Theil des ganzen Pflanzenkörpers ausmachen. — Eine kleine Quantität Hefe reicht hin, um eine bedeutende Menge Zucker in Alkohol zerfallen zu lassen; ein Loth Schwefelsäure genügt, um viele Pfunde Alkohol in Aether zu zerlegen ꝛc.

Wenn es in den Pflanzen Bestandtheile giebt, welche gar keine

Asche enthalten, während andere davon ein wenig, noch andere eine große Menge liefern; so können die Schwankungen, welchen die Aschenprocente der ganzen Pflanzen oder einzelner Theile derselben unterliegen, nur sehr einfach und natürlich begründet erscheinen: denn jene nähern Bestandtheile wechseln auch in denselben Pflanzen bekanntlich ganz außerordentlich. Es giebt Kartoffeln, welche nur 18, und andere, welche 26 Procent Stärke enthalten. Die Menge der Stärke und des Klebers im Weizen wechselt ebenfalls, ganz besonders aber die der Schalen (Kleie). Es bedarf keiner weiteren Beispiele. Wenn aber auch die einzelnen Bestandtheile sich in zwei gleichen Pflanzenindividuen vollständig gleich gemischt vorfinden sollten, so wäre es dennoch möglich, daß sie ungleiche Procente von unorganischen Stoffen lieferten. Abgesehen von den Nahrungsmitteln bedingen noch mancherlei Verhältnisse eine raschere oder langsamere Assimilation und Umänderung der Verbindungen in den Vegetabilien. Die Gunst jener Verhältnisse könnte einen Theil solcher unorganischer Nahrungsmittel ersetzen, welche in der eben besprochenen Weise die Erzeugung und Anhäufung gewisser organischer Bestandtheile bedingen. Angenommen, ein pflanzensaures Kalisalz zerfalle dergestalt, daß die Säure in Zucker übergeht und das Kali sofort eine neue Quantität Säure bildet und bindet: so ist es klar, daß um eine gleiche Menge von Zucker zu liefern, um so weniger Kali erfordert wird, je rascher der Umsetzungsproceß vor sich geht; verläuft dieser in dem einen Falle doppelt so schnell, wie im anderen, so wird in ersterem ein Theil Kali dasselbe Produkt liefern, wie in dem letzteren zwei Theile.

Gehen wir jetzt zur Betrachtung der einzelnen unorganischen Stoffe über, so begegnen wir zunächst dem Kali, welches den überwiegenden Theil in den meisten Pflanzenaschen ausmacht. Auf seiner Gegenwart beruht die Fabrikation der Pottasche (kohlensaures Kali); und man hat es, ehe auch seine weite Verbreitung im Mineralreich bekannt war, im Gegensatz zum Natron als Pflanzenalkali bezeichnet. Das Kali macht mitunter mehr als die Hälfte vom Gewichte der ganzen Asche aus; so namentlich in den Kartoffeln und Rüben, wo seine Menge sich zu der Summe aller übrigen Basen nahe wie 16 : 1 verhält. Die ganze Asche besteht in solchen Fällen also fast nur aus Kalisalzen, und zwar vorwiegend aus phosphorsauren und kohlensauren (welche sich durch die Verbrennung aus den pflanzensauren bildeten). In den

Körnern der Getreidearten beträgt die Quantität des Kali in der Asche ungefähr 30 Procent.

Das Natron tritt fast überall im Verhältniß zum Kali sehr bedeutend zurück. Je mehr Sorgfalt bei den Analysen auf die Trennung der beiden Alkalien verwandt wird, desto geringer ist im Allgemeinen die Menge des Natron, welche sie aufweisen. Selbst viele Meerespflanzen enthalten bedeutend mehr Kali, als Natron, obgleich das Medium, in welchem sie wuchsen, so große Quantitäten von Chlornatrium und dagegen nur verhältnißmäßig wenig Kali aufgelöst hat. Die Menge des aufgefundenen Natron liegt häufig innerhalb der Grenzen der Fehlerquellen unserer analytischen Methoden; sie beträgt in den meisten Fällen nur 1 bis 3 Procent, steigt aber auch in einzelnen Pflanzen so hoch, daß sie sogar das Kali überwiegt. Unter den Culturpflanzen kommt es in der Asche der verschiedenen Rübenarten am häufigsten, bis zu 18 Procent und darüber vor; die Menge des Kali übertrifft es in einigen Süßwasserpflanzen (Binsen, weiße Seerose). In manchen Futterkräutern, besonders in dem rothen Klee ist nur sehr wenig Natron gefunden worden. Daß es aber durchschnittlich in ihnen in einer größeren Menge vorkommen muß, geht aus der Betrachtung hervor, daß die Kühe in der Milch und dem Harne eine Quantität Natron aus dem Körper führen, welche fast immer weit beträchtlicher ist, als diejenige, welche sie in dem Trinkwasser aufgenommen haben. Vielleicht wird die auffallende Erscheinung, daß das Rindvieh mitunter eine üppige Weide verläßt und begierig die dürren und storren Binsen und ähnliche Wasserpflanzen aufsucht, aus dem Kochsalzgehalte dieser Pflanzen erklärt, und dem Triebe der Thiere, sich dies nothwendige, den nahrhafteren Futterkräutern nicht in so großer Menge innewohnende Salz zu verschaffen. — Daß aus einigen Meerespflanzen früher die Soda (kohlensaures Natron) gewonnen wurde und noch jetzt theilweise gewonnen wird, ist bekannt.

Nächst dem Kali ist der Kalk der vorherrschendste der Aschenbestandtheile; er tritt überall vor, wo jenes zurücktritt und steigt mitunter bis zu 60 Procent. In der Körnerasche der Cerealien beträgt seine Menge nur einige Procent, im Stroh ist sie dagegen ziemlich bedeutend. Am wenigsten Kalk findet sich in einigen Kartoffeln, und zwar noch nicht 1 Procent (der Asche). Wo solche Kartoffeln die alleinige Nahrung der Menschen und Thiere ausmachen und das Trink-

wasser zugleich arm an Kalk ist, scheint es, daß der Körper Mangel an diesem nothwendigen Stoffe leiden muß; daß an manchen Orten beim Vieh, welches nur mit Schlempe der Kartoffelbrennereien gefüttert wird, häufige Knochenbrüche vorkommen, ist öfters beobachtet worden. In anderen Kartoffelarten steigt der Kalkgehalt der Asche übrigens bis auf 2 Procent und darüber. Der Kalk ist in den Gewächsen meist mit organischen Säuren, mit Phosphorsäure und Schwefelsäure verbunden; auch findet man mitunter Krystalle von kohlensaurem Kalk. Gypskrystalle kommen überall in der Umgebung der Bastzellen in den Rinden der Bäume vor. — Merkwürdig ist die außerordentlich große Menge des kohlensauren Kalkes, welche sich in einigen Charen, Süßwasserpflanzen, welche unter dem Namen Post an manchen Orten zur Düngung der Aecker benutzt werden, findet; sie beträgt mehr als die Hälfte vom Gewichte der ganzen Pflanzen. Man hat behaupten wollen, daß der kohlensaure Kalk nur mechanisch auf dieselben abgelagert sei, ähnlich wie z. B. die in den Karlsbader Sprudel gelegten Gegenstände nach kurzer Zeit mit einer Kalkkruste überzogen werden. Ein Blick auf die Analyse des Wassers, worin solche Charen wachsen, und die Berücksichtigung des Umstandes, daß sich auf keiner anderen Pflanze derselben Gewässer Kalk findet, hätten schon genügt, jene Vermuthung zu unterdrücken. Wenn man nun die Charen genauer untersucht, so findet man, daß sie aus langgestreckten, ziemlich weiten und dickwandigen Zellen bestehen, welche, einfach übereinander stehend, die Axe der Pflanzen bilden und von einer gleichfalls einfachen Zellenschicht als Cylinder-Mantel umgeben sind. Der größte Theil des kohlensauren Kalkes liegt auf der innern Zelle, also zwischen dieser und dem umgebenden Mantel, abgelagert als eine körnige Masse. Auch im Innern der Zellen findet sich etwas davon: bei der Behandlung mit Säure sieht man unter dem Mikroskope sehr deutlich, wie die entwickelte Kohlensäure Chlorophyllkörner mit hinaustreibt. Daß die Zellen des Mantels an gewissen Stellen von einander abweichen und dem Wasser unmittelbar Zutritt zu der innern Zelle gewähren, konnte nirgend beobachtet werden. Man muß daher den zwischen den Zellen abgelagerten kohlensauren Kalk als ein Secret, oder, wenn man will, als ein Excret betrachten. Die Ursache seiner Abscheidung ist bis jetzt nicht aufgeklärt.

Die Magnesia (Talkerde) findet sich in der Asche fast aller Gewächse in bedeutend kleinerer Menge als die Kalkerde; sie beträgt

aber dennoch überall einige Procente. Eine nicht zu übersehende Erscheinung ist es, daß in allen denjenigen Pflanzentheilen, welche zur Hauptnahrung des Menschen dienen, also in den Samen der Getreidearten, den Knollen und Rüben (mit einziger Ausnahme vielleicht der Linsen und einiger Bohnenarten), die Magnesia im Vergleich zum Kalk mehr oder weniger vorherrscht. Sie findet sich in den lebenden Pflanzen theils mit organischen Säuren, namentlich aber mit Phosphorsäure verbunden.

Das Eisenoxyd, obgleich es nur in seltenen Fällen beträchtlich mehr als 1 Procent der Asche ausmacht, ist dennoch für die Entwickelung der Pflanzen durchaus nothwendig. Die Asche des Kartoffel-Eiweiß enthält davon 17 Procent. Da aber der Aschengehalt des Eiweiß selbst nur sehr klein ist, so kommt auf 100 Theile desselben im trocknen Zustande doch nur 0,12, eine Quantität, die im Vergleich zu dem Eisengehalt der andern Pflanzentheile allerdings noch immer bedeutend ist. Eine nothwendige Beziehung desselben zum Eiweiß herauszustellen, muß noch weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Das Manganoxyd findet sich wohl überall in sehr kleinen Quantitäten, in welchen es das Eisen stets in der Natur begleitet, auch in allen Pflanzen. In einzelnen Fällen steigt seine Menge jedoch so hoch, daß man an der nothwendigen Bedeutung desselben nicht im Geringsten zweifeln darf.

Das Zink ist in einer eigenthümlichen, in der Nähe von Zinkbergwerken wachsenden Pflanze aufgefunden worden, und die Beobachtung, daß jene Pflanzen aber nur an den bezeichneten Orten vorkommen, spricht gegen eine nur zufällige Anhäufung des Zinks in denselben.

Die Thonerde ist freilich in sehr vielen Aschen-Analysen aufgeführt, ist aber in den meisten Fällen, wo ihre Menge einigermaßen bedeutend wird, wohl nur als Verunreinigung der analysirten Pflanzen anzusehen. In einer gewissen Pflanze aber, dem Lycopodium complanatum, ist der bedeutende Thonerdegehalt schon sehr lange so bekannt gewesen, daß man sich derselben in den Färbereien bediente. Neuere Analysen zeigten, daß ihre Menge gegen 40 Procent (der Asche) beträgt.

Kupfer, Silber, Arsenik sind ebenfalls in äußerst geringen Quantitäten in einigen Pflanzen nachgewiesen worden. Diese Metalle kommen mitunter im Quellwasser gelöst vor, und ihr Erscheinen im Organismus der Vegetabilien ist jedenfalls nur zufällig.

Von den unorganischen Säuren ist zunächst die Phosphorsäure zu erwähnen. Sie findet sich in allen Pflanzen ohne Ausnahme, besonders aber in den Samenkörnern der Cerealien, wie überhaupt in allen zur thierischen und menschlichen Nahrung dienenden Pflanzentheilen. In ihnen macht sie bisweilen fast die Hälfte vom Gewichte der ganzen Asche aus. Mit welchen Basen sie in den lebenden Gewächsen verbunden ist, läßt sich in den meisten Fällen nicht nachweisen. Da die Phosphorsäure im thierischen Körper nicht nur in den Knochen, sondern auch in allen übrigen Theilen vorkommt, so ist die Bedeutung ihrer Gegenwart in den pflanzlichen Nahrungsmitteln leicht einzusehen.

Die Schwefelsäure tritt in sehr wechselnder Menge auf. Am bedeutendsten ist ihr Gehalt in den Rübenarten, und in einigen Meerespflanzen; im Allgemeinen scheint sie sich in den Blättern der Gewächse besonders anzuhäufen. Ihres Vorkommens in den Gypskrystallen ist schon erwähnt worden. Uebrigens hat man zu unterscheiden zwischen dem Antheil Schwefelsäure, welcher in der lebenden Pflanze fertig gebildet existirt, und demjenigen, welcher erst bei der Einäscherung durch Oxydation des Schwefels gebildet wurde. Daß die verschiedenen Analysen einer und derselben Pflanze häufig sehr verschiedene Quantitäten Schwefelsäure aufweisen, hat zum Theil darin seinen Grund, daß bei den Verbrennungen ungleiche Mengen Schwefel zu Schwefelsäure oxydirt wurden. Der Schwefel findet sich in einigen ätherischen Oelen (Senföl) und in den Proteïnstoffen.

Die Kieselsäure macht den Hauptbestandtheil der Asche aus, welche die Halme der Gräser liefern. In der Strohasche beträgt ihre Menge zwischen 50 und 60 Procent. Die Rohrarten und besonders die Schachtelhalme hinterlassen nach dem Verbrennen fast reine Kieselerde. Ueber ihre Bedeutung in denselben ist schon früher ausführlich gesprochen worden.

Die Kohlensäure findet sich, wohl meist an Kalk gebunden, in sehr geringer Menge auch in den lebenden Pflanzen. In der Asche ist sie, wie gesagt, meist durch verbrannte organische Säuren gebildet. Sie verschwindet fast ganz in der Asche der Getreidesamen, während sie in derjenigen der Stengel, Blätter und besonders auch der Holzarten auf 30 Procent und darüber steigt.

Das Chlor ist diejenige Substanz, deren Vorkommen in den

Aschen den allergrößten Schwankungen unterworfen ist; und zwar nicht allein in den Aschen der verschiedenen Pflanzen, sondern auch der einzelnen Individuen einer und derselben Species, welche nicht in einem völlig gleichmäßigen Boden gewachsen sind. Solche Ungleichmäßigkeiten zeigen sich ebenso wohl in einer gleichartigen Ackerkrume, durch ungleiche Vertheilung des Düngers veranlaßt, als in weit von einander getrennten Aeckern. Das Chlor bildet mit fast allen Elementen, und so auch mit dem Natrium, mit dem vereint es überall im Boden vorkommt, leicht lösliche Verbindungen. Die Ackerflüssigkeit kann daher, je nach der Zufuhr, in Betreff des Chlornatriums sehr verschieden concentrirt sein; und diese Verschiedenheiten müssen sich bis zu einer gewissen Grenze in dem Safte der Pflanzen wiederfinden. Damit soll aber keineswegs unbedingt behauptet werden, daß der Antheil Chlor, welcher sich in den Pflanzen, die auf einem an Chlornatrium reichen Boden wuchsen, mehr findet als in solchen, welche in ihrer Umgebung weniger von jener Verbindung vorfanden, lediglich als unassimilirt und außerhalb einer nothwendigen Beziehung zur Entwickelung der Pflanzen stehend, zu betrachten sei. So lange die Untersuchungen nicht das Gegentheil erwiesen haben, bietet sich noch die Möglichkeit zu der Annahme dar, daß die vermehrte Aufnahme der Chlorverbindung eine vermehrte Erzeugung derjenigen organischen Substanzen, zu welchen sie in solcher Beziehung steht, daß dieselben nicht ohne sie gebildet werden können, zur Folge haben kann. Das Chlor scheint übrigens nur, oder doch wenigstens zu allermeist, in dem Safte der Gewächse aufgelöst zu sein. Daher findet es sich in allen den Theilen, welche am saftigsten sind: in den jungen Stengeln und Blättern, wie überhaupt in allen Pflanzen und Pflanzentheilen vorwiegend während ihres jugendlichen Alters. Es wird später nicht etwa aus den Pflanzen entfernt, sondern tritt nur zurück, weil die feste Substanz vermehrt wird; vielleicht auch weil der Saft selbst verändert wird. In den Samenkörnern, welche sehr wenig Saft enthalten, verschwindet der Chlorgehalt fast gänzlich; in den saftigen Kartoffeln und Rüben tritt er dagegen in ziemlich bedeutender Quantität auf. Das Chlor gehört übrigens besonders zu denjenigen Stoffen, welche durch unvorsichtige Einäscherung theilweise verflüchtigt werden können, und dieser Umstand mag die Verschiedenheiten, welche die Analysen in Betreff desselben aufweisen, öfters mit veranlaßt haben.

Tafel I.

Unorganische Bestandtheile des Weizens und Roggens.

100 Theile der Aschen enthalten:	Weizen						Roggen			
	Korn.	Stroh.	Korn.	Stroh.	Korn.	Korn.	Korn.	Korn.	Korn.	Stroh.
Kali	23,18	0,68	33,15	11,79	27,06	32,39	31,89	30,36	34,50	15,47
Natron	3,09	.	.	.	4,08	2,32	4,33	.	.	.
Chorkalium	.	15,13	.	.	.	.	.	.	.	3,00
Chlornatrium	10,00	0,89	.	.	0,55	.	.	.	0,90	0,80
Kalk	3,33	6,93	3,20	6,96	4,29	3,47	2,84	3,06	2,75	7,72
Magnesia	11,75	1,69	12,71	1,45	13,57	13,94	9,86	11,33	11,38	2,04
Eisenoxyd	1,11	0,99	0,60	0,73	1,36	0,97	0,82	3,06	0,20	0,20
Phosphorsäure	46,36	5,05	47,00	5,24	41,22	43,47	46,03	45,39	47,52	6,73
Schwefelsäure	.	0,47	0,22	4,45	1,91	0,35	1,46	.	Spur	1,90
Kieselsäure	1,18	67,90	2,84	69,36	5,91	3,05	0,17	4,29	2,75	51,61
Kohlensäure	.	.	0,23	.	.	.	.	.	.	10,55
(Thonerde?)	.	.	.	.	.	.	.	2,08?	.	.
	100,00	100,00	99,97	99,98	99,95	99,96	97,40	100,00	100,00	100,00
Aschenprocente der trockenen	.	.	2,05	.	1,70	1,74	.	.	1,93	5,55
der lufttrockenen Substanz.	1,28	3,82	.	.	.	.	.	.	.	.

Tafel II.

Unorganische Bestandtheile der Gerste, des Hafers und des Buchweizens.

100 Theile der Aschen enthalten:	Gerste				Hafer			Buchweizen	
	Körner.	Körner.	Körner.	Stroh.	Körner.	Körner.	Stroh.	Körner.	Stroh.
Kali	26,83	22,43	24,97	12,69	14,82	15,95	21,72	8,75	31,72
Natron	.	1,42	0,51	2,65	0,80	1,73	2,57	20,13?	.
Chlorkalium	.	.	.	.	.	.	.	.	7,41
Chlornatrium	2,47	0,56	1,44	5,68	.	.	3,38	.	4,55
Kalk	3,62	1,96	2,97	5,34	4,19	4,06	8,61	6,67	15,71
Magnesia	4,78	10,00	8,00	2,65	6,09	6,28	5,47	10,39	1,66
Eisenoxyd	1,54	0,87	0,84	1,72	0,41	2,05	1,12	1,05	.
Phosphorsäure	25,32	37,67	38,26	3,24	23,60	26,18	5,32	50,15	10,34
Schwefelsäure	1,30	2,82	0,92	2,71	2,26	1,95	2,25	2,17	4,67
Kieselsäure	29,79	22,25	22,08	63,29	47,80	41,74	49,54	0,69	3,57
Kohlensäure	4,35	.	.	.	.	.	.	.	20,37
	100,00	99,98	99,99	99,97	99,97	99,94	99,98	100,00	100,00
Aschenprocente der trockenen	2,32	2,65	2,47	6,80	3,75	3,63	5,20	2,12	.
der lufttrockenen Substanz.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Tafel III.

Unorganische Bestandtheile der Erbsen, Bohnen, Wicken und Linsen.

100 Theile der Aschen enthalten:	Erbsen				Heligoland-Bohnen		Gemeine Feldbohnen		Wicken	Linsen
	Körner.	Körner.	Körner.	Stroh.	Körner.	Stroh.	Körner.	Stroh.	Körner.	Körner.
Kali	42,43	32,15	40,70	15,68	36,72	18,75	51,72	32,85	30,90	34,76
Natron	3,27	1,62	.	.	0,14	13,94	0,54	2,77	11,03?	13,50?
Chlorkalium	.	11,02	.	1,96	.	.	.	.	.	4,63 Chlor
Chlornatrium	.	1,89	.	1,83	3,26	10,00	.	11,54	.	.
Kalk	5,73	4,67	2,21	27,14	12,06	18,89	5,20	19,85	4,84	6,34
Magnesia	5,92	7,62	7,03	6,50	6,00	3,13	6,90	2,53	8,60	2,47
Eisenoxyd	0,44	0,76	1,47	1,30	0,65	0,70	Spur	0,61	0,75	2,00
Phosphorsäure	29,92	37,67	44,42	13,52	33,74	6,54	28,72	0,49	38,49	36,30
Schwefelsäure	6,23	0,18	4,17	0,57	4,28	1,41	3,05	1,40	4,16	.
Kieselsäure	1,74	0,48	.	5,98	1,52	2,22	0,42	2,61	.	.
Kohlensäure	4,38	1,94	.	25,52	1,63	24,39	3,42	35,32	.	.
	99,96	100,00	100,00	100,00	100,00	99,97	99,97	99,97	98,77	100,00
Aschenprocente der trockenen	2,60	.	.	7,5	2,90	5,81	2,65	5,56	2,40	2,06
der lufttrockenen Substanz.	.	.	3,34	.	.	.	.	.	.	.

Tafel IV.

Unorganische Bestandtheile der Kartoffeln, Runkelrüben, Turnips und Möhren.

100 Theile der Aschen enthalten:	Kartoffeln				Runkelrübe		Turnips	Moorrübe.
	runde weiße.	runde gelbe.	hellrothe runde.	blaue runde.	Rübe.	Blätter.	Rübe.	
Kali	50,89	48,46	44,37	45,94	23,54	8,34	23,17	37,55
Natron	2,41	.	.	.	19,08	12,21	14,75	12,63
Chlorkalium	.	15,47	15,00	12,65	.	.	.	.
Chlornatrium	5,38	0,44	1,30	0,96	24,54	37,66	7,05	4,91
Kalk	2,65	0,71	0,97	0,82	1,78	8,72	11,82	9,76
Magnesia	4,21	2,12	3,57	3,88	1,75	9,84	3,28	3,78
Eisenoxyd	1,06	0,35	0,44	0,28	0,74	1,46	0,47	0,74
Phosphorsäure	17,15	14,06	13,57	15,27	4,49	5,89	9,31	8,37
Schwefelsäure	3,19	2,30	5,52	2,48	3,68	6,54	16,13	6,34
Kieselsäure	0,91	0,44	1,07	0,82	2,22	2,35	2,69	0,76
Kohlensäure	12,14	15,65	14,19	16,92	18,14	6,92	10,74	15,15
	100,00	100,00	100,00	100,00	99,96	99,95	99,93	99,99
Aschenprocente der trockenen Substanz	2,98	5,03	3,91	4,44	11,32	14,00	6,00	5,12

Tafel V.

Unorganische Bestandtheile des Raps, des Flachses, des Hanfes und des Mohns.

100 Theile der Aschen enthalten:	Raps				Flachs			Hanf	Mohn	Senf
	Körner.	Körner.	Körner.	Stroh.	Körner.	Körner.	Stengel.	Körner.	Körner.	Körner.
Kali	22,91	22,70	19,33	24,95	34,17	32,55	21,53	21,75	8,99	25,78
Natron	.	.	0,85	6,52	1,69	2,51	3,68	0,66	.	0,33
Chlorkalium	.	.	.	2,10	.	.	.	.	7,06	.
Chlornatrium	.	.	.	.	0,36	.	9,21	0,09	1,92	.
Kalk	17,30	14,65	14,44	32,79	8,40	9,45	21,20	26,74	34,92	19,10
Magnesia	15,55	12,03	9,83	5,40	13,11	16,23	4,20	1,00	9,37	5,90
Eisenoxyd	0,71	2,40	2,65	1,73	0,50	0,38	5,58	0,77	0,80	0,39
Phosphorsäure	41,63	47,49	42,83	4,48	38,54	35,99	7,53	34,80	30,60	44,97
Schwefelsäure	0,46	0,73	.	1,22	1,56	1,43	3,39	0,13	1,90	2,19
Kieselsäure	2,00	.	0,62	4,08	1,45	1,46	7,92	14,06	3,20	1,31
Kohlensäure	.	.	6,70	14,76	0,22	.	15,75	.	0,37	.
	100,56	100,00	97,25	98,03	100,00	99,99	99,99	100,00	99,13	99,97
Aschenprocente der trockenen Substanz	.	4,03	.	4,47	.	3,05	3,70	5,60	6,12	4,45

Tafel VI.

Unorganische Bestandtheile des Tabacks, des Mais und verschiedener Futtergewächse.

100 Theile der Aschen enthalten:	Mais		Taback.	Kohl	Klee		Luzerne	Esparsette.	Gras von gewässerten Wiesen.	Ital. Rai-Gras.
	Körner.	Stengel u. Blätter.		Kraut.	rother.	weißer.	blaue.			
Kali	28,37	35,26	18,05	40,86	36,45	18,00	9,99	31,90	50,00	12,45
Natron	1,74	.	1,85	2,43	.	6,10	.	.	0,09	3,98
Chlorkalium	.	.	.	.	2,39	.	1,54	6,24	.	.
Chlornatrium	.	2,29	6,46	.	1,53	4,00 Chlor	1,90	0,78	2,91	2,27
Kalk	0,57	10,53	26,46	15,01	22,62	31,30	45,95	24,30	9,50	9,95
Magnesia	13,60	5,52	6,43	2,39	4,08	9,00	3,60	5,03	2,47	2,23
Eisenoxyd	0,47	2,28	2,81	0,77	0,26	.	0,75	0,61	1,31	0,78
Phosphorsäure	53,69	8,09		12,52	6,71	12,80	5,96	9,35	9,31	6,34
Schwefelsäure	.	5,16	1,86	7,27	1,85	8,30	2,85	3,28	3,55	2,82
Kieselsäure	1,55	27,98	3,02	1,66	0,59	5,50	0,59	3,22	9,24	59,18
Kohlensäure	.	2,87	17,52	16,68	23,47	abgerechnet	23,47	15,20	11,62	.
	99,99	99,98	Sand 14,36 99,64	99,99	99,95	100,00	99,61	99,96	100,00	100,00
Aschenprocente der trockenen Substanz	1,51	5,49	.	10,00	9,56	.	10,11	6,37	10,37	6,97

Tafel VII.

Unorganische Bestandtheile einiger Hölzer.

Nach Abzug der Kohlensäure.

100 Theile der Aschen enthalten:	Eiche.	Rothbuche.	Weißbuche.	Kiefer.	Rothtanne.	Lärche.	Linde.	Ulme.
Kali	8,43	15,80	10,63	10,05	11,50	15,24	37,84	21,92
Natron	5,61	2,76	2,54	9,98	6,49	7,27	5,53	13,72
Chlornatrium	0,01	0,21 Chlor	0,40 Chlor	1,17	.	0,92	1,51	.
Kalkerde	75,45	63,45	52,23	46,14	44,98	27,09	31,60	47,80
Magnesia	4,49	11,28	8,48	13,47	8,36	24,51	4,38	7,71
Eisenoxyd	0,57	0,98	0,12	4,65	0,80	3,12	8,42	0,86
Manganoxyd	.	.	8,48	.	.	13,51	.	.
Phosphorsäure	3,46	2,70	10,74	3,00	5,99	3,06	5,12	3,64
Schwefelsäure	1,16	1,35	1,52	3,05	.	1,68	5,60	1,28
Kieselsäure	0,96	1,47	4,97	8,39	20,01	3,60	.	3,07
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Abgezogene Kohlensäure	33,47	24,85	.	31,00	.	22,15	23,40	30,45
Aschenprocente	0,40	0,38	.	0,19	0,32	0,32	0,50	.

Tafel VIII.

Unorganische Bestandtheile verschiedener Theile des Roßkastanienbaumes.

100 Theile der Aschen enthalten:	Junges vorjähriges Holz.	Blattstengel.	Junge Blätter.	Blüthenstengel.	Kelch und Fruchtknoten.	Staubfäden.	Blumenblätter.	Junge grüne Früchte.	Reife Früchte ohne Schalen.
Kali	13,34	24,93	18,45	47,15	45,59	44,80	44,09	44,16	48,53
Chlorkalium	9,67	21,40	9,24	8,91	3,88	4,58	6,20	8,46	3,48
Kalk	32,58	18,04	25,48	7,65	9,54	10,81	10,68	8,37	9,42
Magnesia	3,70	2,53	2,27	1,08	4,57	2,43	3,01	1,99	0,48
Phosphorsäure	14,58	12,32	19,48	14,07	12,94	15,33	13,31	17,55	18,74
Schwefelsäure	.	3,13	7,92	2,90	.	.	.	3,08	1,36
Kieselsäure	1,97	0,87	4,27	0,60	1,31	0,58	1,13	0,64	0,16
Kohlensäure	24,16	16,78	12,89	17,64	22,17	21,47	21,58	15,76	17,83
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Aschenprocente der trockenen Substanz	1,05	13,87	9,08	10,53	6,65	6,56	6,03	4,37	3,36

Tafel IX.

Unorganische Bestandtheile des Roggens in verschiedenen Vegetationsperioden.

100 Theile der Aschen enthalten:	a. Junge Pflanzen i. d. Mitte d. Januar.	b. Junge Pflanzen i. d. Mitte des Mai.	c. Zur Zeit der Blüthe.	d. Reifes Roggenstroh.	e. Reifes Stroh mit Körnern.	Dieselben auf 1000 Theile der ganzen Pflanzen berechnet. a.	b.	c.	e.
Kali	37,90	36,92	32,17	15,47	18,89	27,13	41,57	16,24	7,84
Natron	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Chlorkalium	12,77	8,78	6,06	3,00	2,45	9,13	9,89	3,06	1,01
Chlornatrium	1,72	Spur	0,63	0,80	0,84	1,23	Spur	0,31	0,35
Kalk	3,11	7,81	6,93	7,72	6,82	2,22	8,80	3,50	2,83
Magnesia	3,80	2,77	2,91	2,04	3,73	2,71	3,11	1,47	1,54
Eisenoxyd	1,37	0,31	0,31	0,20	0,20	0,98	0,35	0,16	0,09
Phosphorsäure	18,27	13,33	12,88	6,73	14,08	13,07	15,01	6,51	5,84
Schwefelsäure	2,76	2,38	1,46	1,90	1,54	1,97	2,70	0,73	0,64
Kieselsäure	6,21	10,75	21,30	51,61	42,82	4,44	12,10	10,77	17,77
Kohlensäure	12,07	16,96	15,34	10,55	8,65	8,63	19,09	7,74	3,61
	99,98	100,01	99,99	100,00	100,02	71,51	112,61	50,49	41,52
Aschenprocente der trockenen Substanz	7,15	11,26	5,05	5,55	4,15	.	.	.	.

Tafel X.

Unorganische Bestandtheile einzelner Theile der Kartoffeln.

100 Theile der Aschen enthalten:	Kartoffel-Schalen			Zellstoff der Kartoffeln		Extract des Saftes ohne Eiweiß.	Eiweiß der Kartoffeln.
	1.	2.	3.	1.	2.		
Kali	51,71	47,31	49,88	13,47	16,95	49,21	44,68
Natron	.	.	.	.	.	.	
Chlorkalium	2,30	2,99	0,81	2,36	1,69	11,18	.
Chlornatrium	1,38	1,44					.
Kalk	5,16	6,17	9,12	30,94	29,66	0,88	8,04
Magnesia	4,98	4,20	5,03	5,75	5,08	3,53	2,12
Eisenoxyd	1,71	2,10	2,20	0,63	0,68	0,15	17,50
Phosphorsäure	2,07	2,57	2,52	16,07	19,49	15,15	27,66
Schwefelsäure	0,30	0,30	0,25	?	?	3,33	.
Kieselsäure	1,38	2,39	1,89	3,23	1,86	0,10	.
Kohlensäure	29,02	30,54	28,30	27,57	24,58	16,47	.
	100,01	100,01	100,00	100,02	99,99	100,00	100,00
Aschenprocente der trockenen Substanz	8,73	10,32	9,72	1,038	1,258	36,48	0,683

Das Jod ist, wie neuere Untersuchungen gelehrt haben, in fast allen Gewässern in sehr kleinen Mengen aufgelöst, und findet sich deshalb auch in ebenso geringer Menge in den Gewächsen wieder, ohne eine nachweisbare Bedeutung für sie zu besitzen. Nur für einige Meerespflanzen, in denen es reichlicher angehäuft ist, und aus welchen es sogar dargestellt wird, ist dasselbe sicher nicht gleichgültig. — In noch geringerer Menge, als das Jod, und stets nur in Begleitung desselben, ist zuweilen das Brom aufgefunden worden. — Fluor muß sich ebenfalls in den Pflanzen finden, da es in den Knochen und namentlich in dem Schmelzüberzug der Zähne stetig vorkommt. In den fossilen Knochen und schon in den Schädeln, welche in dem verschütteten Pompeji ausgegraben wurden, tritt das Fluor in einer weit bedeutenderen Menge auf; und es mögen daher die Gewässer und Pflanzen der früheren Zeit vielleicht auch mehr davon enthalten haben, als jetzt.

Die vorstehenden Tabellen zeigen, daß die genannten unorganischen Stoffe in den Aschen der verschiedenen Pflanzen in sehr ungleichen Verhältnissen gemischt auftreten: in den einen herrscht das Kali, in anderen die Kalkerde, in noch anderen die Kieselsäure oder die Phosphorsäure vor. Die Tabellen zeigen aber auch, daß die Zusammensetzung der Aschen von den einzelnen Individuen der Pflanzenspecies im Ganzen nur unbedeutenden Schwankungen unterworfen sind, welche jedenfalls nie hinreichen, ihren besonderen Charakter zu verwischen. Es sind Weizenarten untersucht worden, welche in Deutschland, England, Frankreich, Rußland, Amerika gewachsen waren; die Resultate der Analysen weichen nicht mehr von einander ab, als die Zusammensetzung der in demselben Lande gebauten Körner. Der Einfluß der verschiedenen Mischung der unorganischen Bestandtheile in den Ackererden erstreckt sich nur bis zu gewissen, meist sehr wenig von einander entfernten Grenzen. Mag der Boden sehr viel Natron und nur äußerst geringe Mengen von Kali enthalten, die Pflanzen, welche zu ihrer Existenz nur des Kalis bedürfen, werden dennoch nur Spuren von Natron neben dem Kali aufnehmen. Zwei Pflanzen, welche durchaus verschiedene Aschenbestandtheile zu ihrer Entwickelung verlangen, werden aus einer und derselben Bodenmischung, in der sie neben einander vegetiren, sehr ungleiche Quantitäten jener Stoffe aufnehmen; während dagegen zwei gleiche Pflanzen aus zweien, in ihrer Zusammensetzung außerordentlich abweichenden Bodenarten, fast dieselben unorga-

nischen Stoffe sich aneignen werden. Die phosphorsauren Salze bilden nur einen sehr kleinen Mischungstheil der Ackererden, und doch nehmen viele Pflanzen, und besonders die Cerealien, fast nur phosphorsaure Salze, und sehr wenig von den übrigen im Boden vorherrschenden auf. Diese im ersten Augenblicke auffallenden Thatsachen können nicht so gedeutet werden, daß den Vegetabilien, den Thieren ähnlich, ein bestimmtes Auswahlvermögen bei der Aufnahme ihrer Nahrungsstoffe zuerkannt werden müsse, vermöge dessen sie die ihnen zusagenden Substanzen in dem Boden aufsuchten, alle übrigen sich ihnen darbietenden aber bei Seite liegen ließen. Den Pflanzen fehlen alle und jegliche Sinne; von einem solchen Auswahlvermögen kann daher nie und nimmer die Rede sein. Die einfachen und überall in der Natur herrschenden Gesetze, welche die fragliche Erscheinung hinreichend erklären, werden später, wo von der Aufnahme der Nahrungsmittel überhaupt die Rede sein wird, ausführlich besprochen werden.

Es ist schon eben bemerkt worden, daß wenn auch die gleichen Pflanzen überall eine sehr große Aehnlichkeit in der Zusammensetzung ihrer Aschen darbieten, dennoch gewisse Schwankungen vorkommen, von welchen in der Regel einzelne bestimmte Stoffe mehr betroffen werden, als die übrigen. Man hat daraus schließen zu dürfen geglaubt, daß die Anwesenheit der letztgenannten Stoffe mehr oder weniger zufällig sei, und nur in einem geringen Grade eine nothwendige Bedeutung für die Entwickelung der Gewächse haben könne, da sie ohne sichtliche Störungen im Wachsthum hervorzurufen das eine Mal in größerer, das andere Mal in geringerer Menge auftreten. Wer überhaupt eine bestimmte nothwendige Beziehung der unorganischen Substanzen zu den einzelnen organischen Bestandtheilen anerkennt, für den können solche Schwankungen nur zum Beweise, oder doch wenigstens zur Befestigung dieser seiner Ansicht dienen. Denn daß gleiche Pflanzen in Betreff ihrer organischen Bestandtheile verschieden zusammengesetzt sein können, ist allgemein bekannt; und es müssen daher nothwendig die zu diesen in inniger Beziehung stehenden unorganischen zugleich mit ihnen variiren. Wenn der Gehalt an Stärke, an Kleber, an Zucker oder Oel sich ändern kann, ohne daß dadurch die allgemeine Entwickelung der Gewächse gestört wird, und ohne daß man daraus einen Anlaß, jene Stoffe für weniger bedeutsam zu erklären, hat nehmen können; warum soll denn nicht das Kali, das Natron, die Kalkerde, oder das Chlor ꝛc.

ebenſowohl in veränderten Mengen auftreten können, ohne den Charakter des Zufälligen anzunehmen?

Aber ſelbſt wenn Pflanzen bei einer völlig gleichen Zuſammenſetzung ihrer organiſchen Beſtandtheile, einmal ungleiche Aſchen enthielten, und das andere Mal dagegen gleiche; ſo würden ſelbſt unter dieſen Verhältniſſen die veränderlichen Stoffe nicht als zufällig vorhanden bezeichnet werden dürfen, wenn nicht mit vollkommener Sicherheit nachgewieſen werden kann, daß alle auf die Vegetation einwirkenden Bedingungen während des Wachsthums der unterſuchten Pflanzen fortwährend ganz gleich geweſen ſind. Denn, wie ſchon mehrmals erwähnt, iſt es denkbar, daß unter verſchiedenen Verhältniſſen ungleiche Mengen von unorganiſchen Stoffen zur Erzeugung von gleichen Quantitäten organiſcher Pflanzenbeſtandtheile erforderlich ſein können. Es iſt daher immer eine mißliche Sache, ſchon jetzt, bei dem Mangel an beweiſenden Unterſuchungen, eine Unterſcheidung zwiſchen nothwendigen und zufälligen unorganiſchen Beſtandtheilen durchführen zu wollen. Zufällig können wir mit Recht offenbar nur diejenigen Stoffe nennen, welche bis dahin zur Entwickelung der Pflanzenſubſtanz nicht beigetragen haben; die nur aufgenommen ſind, weil ſie im Boden vorhanden und für die Membranen der Pflanzenwurzeln durchdringbar waren, und welche auch erweislich bei der fortdauernden Vegetation nicht verwendet werden können. Hierher zu rechnen ſind ſicher das Kupfer, Silber, Arſenik, und für viele Pflanzen auch das Jod, Brom, das Zink, die Thonerde, und für manche das Manganoxyd. Aber auch von allen übrigen Aſchenbeſtandtheilen, von denen es unumſtößlich feſtſteht, daß ein beſtimmter Theil nothwendig iſt, würde derjenige Theil, welcher der ſo eben gegebenen Definition entſpricht, natürlich auch als zufällig, oder beſſer als unweſentlich, bezeichnet werden müſſen. In jeder Pflanze iſt ein aſſimilirter und ein unaſſimilirter Theil zu unterſcheiden. Der letztere iſt in Bezug auf alle ſchon fertig gebildeten Pflanzenſtoffe unweſentlich, aber, wenn ein Fortwachſen überhaupt noch möglich, für die weitere Entwickelung nothwendig. Der unaſſimilirte Theil hängt aber in ſeiner Zuſammenſetzung von der Bodenflüſſigkeit ab, iſt im Allgemeinen als die ſich in die Pflanzen hineinziehende Bodenflüſſigkeit (da hier nur von den unorganiſchen Stoffen die Rede iſt) zu betrachten. Iſt dieſe concentrirter, ſo kann eine beſchleunigte und vermehrte Aſſimilation die Folge ſein; iſt ſie nur

in Betreff eines einzelnen Stoffes concentrirter, so ist es möglich, daß dadurch ein bestimmter organischer Bestandtheil in größerer Menge entsteht. Dies kann aber offenbar nur bis zu einer gewissen Grenze der Fall sein. Durch die vermehrte Concentration wird, sobald sie diese Grenze überschritten (und überhaupt dadurch nicht der Tod der Pflanze herbeigeführt wird) ein Theil der aufgelösten Stoffe außer Thätigkeit gesetzt, und dieser ist sodann als unwesentlich anzusehen. Wenn man daher durch Versuche über den Einfluß, welchen verschiedene Bodenmischungen auf die Zusammensetzung der Pflanzenaschen ausüben, auf die nothwendigen und unwesentlichen Stoffe einen Schluß ziehen will: so ist vor allen Dingen festzustellen, daß die etwa mehr aufgenommenen Salze in keiner Beziehung einen Einfluß auf die Erzeugung von Pflanzensubstanz ausgeübt haben. Vermehren wir z. B. den Gehalt des Bodens an Chlornatrium, und finden später, daß die in ihm gezogenen Pflanzen davon mehr sich angeeignet haben, als dies ohne die stärkere Beimischung desselben zum Boden der Fall gewesen sein würde; so sind wir nur dann berechtigt, diesen mehr aufgenommenen Theil als unwesentlich zu bezeichnen, wenn erwiesen werden kann, daß dadurch nicht ein oder mehrere organische Bestandtheile in größerer Quantität erzeugt worden sind. Es ist jedenfalls sicher, daß in den meisten Fällen ein Theil des unassimilirten Nahrungssaftes als unwesentlich anzusehen ist, aber ein wie großer, darüber zu entscheiden ist bis jetzt noch eine Unmöglichkeit. Von der gesammten Aschenmenge wird derselbe nur einen sehr kleinen Bruchtheil ausmachen, da die ganze Summe der im unassimilirten Nahrungssafte aufgelösten unorganischen Substanzen nicht beträchtlich sein kann.

Alle zu einem organischen Pflanzenbestandtheil in Beziehung stehenden, gebundenen unorganischen Stoffe sind so lange als nothwendig zu betrachten, als nicht das Gegentheil unbestreitbar erwiesen; und es darf hier kein Unterschied zwischen den verschiedenen organischen Bestandtheilen gemacht werden. Es wäre möglich, daß sich die Pflanzen auch ohne die Erzeugung des einen oder anderen von ihnen vollständig ausbilden könnten. Wenn man daher durch Versuche das Minimum von unorganischen Stoffen, welche eine Pflanze zur völligen Ausbildung bedarf, bestimmen, und nun alle diejenigen, welche sie unter anderen Umständen mehr aufnimmt, für unwesentlich erklären wollte; so würde man möglicher Weise sehr irren, da sich die Pflanzen anscheinend

PARSONS LIBRARY University of MICHIGAN

gleich vollständig entwickeln können, ohne der Qualität, oder doch wenigstens der Quantität nach gleiche organische Substanzen zu erzeugen, und kein Grund vorhanden ist, irgend eine derselben als unwesentlich zu bezeichnen.

In Betreff der unorganischen Salzkrystalle, z. B. des kohlensauren und schwefelsauren Kalkes, welche man leicht als unwesentlich zu bezeichnen geneigt sein möchte, muß noch bemerkt werden, daß sich dieselben unmöglich direct in solcher Form abgeschieden haben können. Denn wenn sich in einer Zelle die Löslichkeitsverhältnisse dergestalt ändern, daß sich der Gyps ausscheiden muß, so kann offenbar aus den benachbarten Zellen keine Spur davon eingeführt werden; und es würden dann, da in den einzelnen Zellen nur sehr wenig Gyps gelöst sein kann, die in denselben abgelagerten Krystalle nur in weit geringerer Quantität vorhanden sein können, als sie in der That aufgefunden werden. Der Kalk oder Gyps ist vielleicht zunächst in Verbindung mit einer organischen Substanz in den Zellen angehäuft, und später durch deren weitere Umwandlung abgeschieden und in Krystallen abgesetzt worden. Die Beobachtung, daß sich solche Krystalle stets in der Umgebung ganz bestimmter Zellen finden, spricht mit großer Wahrscheinlichkeit für eine nothwendige Beziehung zu denselben. Es werden also auch diejenigen unorganischen Stoffe, welche in keiner Verbindung mit irgend einer organischen Substanz aufgefunden werden, nicht ohne Weiteres als unwesentlich bezeichnet werden dürfen.

Als gesichertes Resultat der bis jetzt angestellten Versuche kann nur angeführt werden, daß der bei weitem größte Theil der in den verschiedenen Pflanzen aufgefundenen Aschenbestandtheile als wesentlich und nothwendig für die Entwickelung derselben zu betrachten ist, und daß die Aschenanalysen mithin einen Maßstab abgeben für die den Gewächsen zu reichenden Nahrungsmittel. —

Daß die verschiedenen Theile einer Pflanze, die Stengel, Blätter, Blüthen, Früchte ꝛc., und ebenso die ganzen Pflanzen in verschiedenen Vegetationsperioden, ungleiche Aschen geben (vergl. Tafel VIII und IX) kann durchaus nicht Wunder nehmen, da dieselben in jeder Beziehung ungleich zusammengesetzt sind. Wie sehr aber die Aschen der einzelnen näheren Bestandtheile der Gewächse in ihrer Menge und Zusammensetzung von einander abweichen, davon geben die auf Tafel X aufgeführten Analysen der Kartoffeltheile ein deutliches Beispiel. Man

ersieht daraus, daß die Resultate der Aschenanalysen von ganzen Kartoffeln schon von einander abweichen können, je nachdem man dazu große oder kleine Knollen verwandte, da in beiden Fällen auf ein gleiches Gewicht Kartoffeln eine ungleiche Quantität von Schale kommt; ein Umstand, welcher bei Körneranalysen allerdings noch deutlicher hervortreten muß.

Im Allgemeinen scheint es, daß alle *festen* Bestandtheile der Pflanzen, mit Ausnahme der Epidermis und der Rinde, nur wenig Asche enthalten, und daß die Hauptmasse der unorganischen Stoffe in dem Safte aufgelöst bleibt. Das junge saftige Holz enthält daher bedeutend mehr von ihnen, als das alte; würde man das erstere von dem Safte befreit untersuchen, so würde es wahrscheinlich nur ebensoviel Asche, oder wenig mehr geben als das letztere. Die trockenen Körner sind verhältnißmäßig arm an unorganischen Stoffen, und dabei ist noch die Hauptmasse in der Schale aufgehäuft; die Knollen und Rüben sind schon weit reicher daran. Die Roggenpflanze giebt in der saftreichsten Periode ihres Wachsthums (in der Mitte des Mai) 11,26 Procent Asche, während sie schon zur Zeit der Blüthe nur noch 5,05, und zur Zeit der Reife 4,15 enthält.

Es muß hier noch darauf aufmerksam gemacht werden, daß die Zahlen der Aschenanalysen angeben, wie viel von den einzelnen Bestandtheilen in 100 Theilen der *Asche* enthalten ist, und daß man daraus nicht unmittelbar ersieht, wie viel von ihnen sich in 100 Theilen der *unverbrannten* Pflanze finden. Es kommt häufig vor, daß eine Pflanze, deren *Asche* doppelt so viel von einem gewissen Stoffe enthält, als diejenige einer zweiten, dennoch ärmer daran ist als die letztere, weil sie im Ganzen weit weniger Asche enthält. Es ist daher sehr wünschenswerth, besonders wenn man die Beziehungen der unorganischen Stoffe zu den organischen Bestandtheilen festhält, daß neben der gewohnten Berechnung der Aschenanalysen stets zugleich angegeben wird, wie viel von jedem einzelnen Bestandtheile derselben auf 100, oder um größere Zahlen zu erhalten, auf 1000 Theile der trockenen Pflanze (oder deren Theile) kommt. Die Verhältnisse stellen sich bei dieser Art der Berechnung auffallend anders. Die Asche der jungen Roggenpflanze a (Tafel IX) enthält z. B. 37,90 Kali, während b nur 36,92 aufweist; dagegen aber enthalten 1000 Theile der trockenen Pflanze a 27,13 und b 41,57 Kali. Die Asche der Roggenpflanze b

enthält 13,33 Procent Phosphorsäure, während diejenige von e 14,08 darbietet; 1000 Theile der trockenen Pflanze b liefern aber 15,01 und e nur 5,84 Phosphorsäure. Die Menge des Chlors nimmt in der Zusammensetzung der Aschen von a bis e regelmäßig ab, wogegen sie in den lebenden Pflanzen von a bis b steigt, und erst dann wieder bis e fällt. Die Nichtberücksichtigung dieser Verhältnisse hat schon sehr häufig zu großen Irrthümern Anlaß gegeben, besonders da man sich bisweilen der Mühe überhoben hat, bei den Analysen die Aschenprocente genau festzustellen. Die bloße Aufzählung der in der Asche enthaltenen Bestandtheile kann unter Umständen außerordentlich trügerisch werden. Zwei Pflanzen z. B., welche alle unorganischen Stoffe in gleicher Menge enthalten, mit Ausnahme *eines einzigen*, in Betreff dessen sie bedeutend von einander abweichen, werden zwei Aschenanalysen liefern, die, auf gewohnte Weise berechnet, in *jeder* Beziehung einander äußerst unähnlich sein werden. —

In dem Vorangehenden ist von der nothwendigen Bedeutung der unorganischen Stoffe für die Entwickelung der Gewächse ausführlich gesprochen worden; es bleibt jetzt noch übrig, zu erwähnen, daß diese Bedeutung durch zahlreiche directe Versuche erwiesen und über alle Zweifel erhoben ist. In einem künstlich von allen unorganischen Stoffen befreiten Boden, welcher nur mit reinem destillirten Wasser (in welchem die nöthige Menge von Ammoniak aufgelöst worden), feucht erhalten wird, kommen *keine* Pflanzen zur Ausbildung. Sie gedeihen ebenso wenig, wenn ihnen nur *eins* von den als nothwendig bezeichneten unorganischen Salzen nicht geboten wird, während alle übrigen in hinreichender Menge vorhanden sind. Solche Versuche sind mit verschiedenen Ackerbaupflanzen angestellt worden; die mit der Haferpflanze angestellten haben beispielsweise folgende Resultate gegeben. Die Samen wurden in geglühten Sand oder gepulverten Quarz gelegt, dem als stickstoffhaltiges Nahrungsmittel salpetersaures Ammoniak, und von den unorganischen Aschenbestandtheilen alle mit alleiniger Ausnahme desjenigen, von dem man zu erfahren wünschte, ob er für die Entwickelung der Pflanze nothwendig sei, beigemischt waren. Ohne *Kalkerde* starb die Haferpflanze alsbald ab; sie bildete gar keinen Halm. Ohne *Magnesia* war der gebildete Halm schmächtig und niederliegend, brachte verkrüppelte Blüthen, aber keine Früchte. Ohne *Kali* war der sehr kurze Halm ebenso schmächtig und niederliegend; er trieb eine

einzige unvollständige Blüthe, ohne Frucht. Ohne lösliche Kieselsäure und Kali erreichte der Halm nur eine Länge von 3 Zoll und trieb keine Blüthe. (Das Kali mußte hier ebenfalls weggelassen werden, weil durch die Einwirkung desselben Kieselsäure aus dem Quarzpulver gelöst werden konnte.) Ohne Phosphorsäure war der schmächtig niederliegende Halm von blasser Farbe, trieb eine Blüthe, aber setzte keine Frucht an. Ohne Schwefelsäure wurde gar kein Halm gebildet, und schon bei der Entwickelung des dritten Blattes starb die Pflanze. Ohne Eisen war sie ohne grüne Farbe und entwickelte keine Blüthen. Wurde dem Boden viel Eisen beigemischt, so bewirkte dies ebenfalls eine gestörte Vegetation, und die Blätter bekamen solche trockene Stellen, welche auch entstehen, wenn man ziemlich concentrirte Eisenvitriol-Lösung von Außen auf dieselben bringt. Das Natron konnte das Kali nicht ersetzen, aber wenn es gänzlich fehlte, geschah keine Fruchtbildung. Waren die genannten Stoffe alle zugegen, so entwickelte sich die Haferpflanze vollkommen normal und brachte normal ausgebildete Früchte.

Was die Formen und Verbindungen betrifft, in denen die unorganischen Stoffe von den Gewächsen aufgenommen werden, in denen sie also als Nahrungsmittel angesehen werden müssen, so läßt sich darüber im Einzelnen nichts Bestimmtes sagen. Es sind die kohlensauren, schwefelsauren, phosphorsauren Salze und die Chlorverbindungen, welche sich im Boden gegenseitig so anordnen, als es die umgebenden Bedingungen veranlassen. Wir wissen, daß die wechselseitigen Zersetzungen der Salze in manchen Zuständen des Ackerbodens nicht denjenigen entsprechen, welche wir an ihnen beobachten, während sie sich in vollständigen wässerigen Lösungen befinden. Wenn man z. B. zu einer Gypslösung (schwefelsaurer Kalk) kohlensaures Ammoniak fügt, so fällt kohlensaurer Kalk zu Boden, während schwefelsaures Ammoniak in Lösung bleibt. Bei gewissen Feuchtigkeitszuständen des Ackers ist in demselben die Zersetzung der beiden Salze grade umgekehrt: kohlensaurer Kalk entzieht hier dem schwefelsauren Ammoniak die Schwefelsäure, und auf der andern Seite bildet sich kohlensaures Ammoniak. — Im Allgemeinen läßt sich nur so viel anführen, daß die Alkalien meist in Verbindung mit Kohlensäure, Schwefelsäure und Chlor (besonders das Natron); die Erden ebenfalls in Verbindung mit Kohlensäure und Phosphorsäure, weniger mit Schwefelsäure auf-

genommen werden. Die kohlensaure und phosphorsaure Kalkerde sind zwar in reinem Wasser unlöslich, in solchem aber, welches, wie die fruchtbare Ackerflüssigkeit stets, freie Kohlensäure enthält, sind sie beide in gewissem Grade löslich; letztere noch besonders bei Gegenwart von Ammoniakverbindungen. Die Kieselsäure macht zwar einen Hauptbestandtheil der Erdoberfläche aus, befindet sich hier aber zu allermeist in einem völlig unlöslichen Zustande (als Sand, Quarzkörner). Mit dem Kali geht sie eine lösliche Verbindung ein, und gelangt als solche unstreitig großentheils in die Gewächse. Wird diese Verbindung im Boden durch andere Säuren zersetzt, so bleibt eine kleine Quantität Kieselsäure in Lösung; in Fällen, wo gerade keine Basen zu ihrer Sättigung vorhanden sind, mag sie vielleicht im freien Zustande ebenfalls aufgenommen und assimilirt werden können.

Wenn die abgestorbenen Pflanzen verwesen und verfaulen, so werden auch die unorganischen Stoffe allmälig wieder abgeschieden; ist die Zersetzung vollständig, d. h. bis zur Auflösung der organischen Masse in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak fortgeführt, so bleiben die unorganischen Substanzen in ähnlicher (doch nicht ganz gleicher) Verbindung zurück, wie sie durch Verbrennung in der Asche erhalten werden: statt der pflanzensauren Salze der lebenden Gewächse finden sich auch hier kohlensaure. Ist die Verwesung nicht bis zur vollkommenen Auflösung vorgeschritten, so sind natürlich auch nicht alle unorganischen Stoffe abgeschieden. Im Moder und Torf, in der Dammerde ꝛc. findet sich stets eine gewisse Quantität von ihnen; theilweise sind sie hier mit den Humussäuren verbunden. Was auf diese Art für eine unbestimmte Zeit der Summe der Nahrungsmittel verloren geht, wird durch die fortschreitende Zersetzung der Gesteine und Gesteinstrümmer wieder ersetzt.

Die Aschenbestandtheile der Gewächse sind, wie schon der Name angiebt, bei gewöhnlicher, und selbst bei höherer Temperatur, nicht flüchtig: sie können daher nur aus dem Boden, und zwar in Wasser gelöst, durch die Wurzeln in die Pflanzen eindringen.

Ueber die Bedingungen für die Assimilation der Nahrungsmittel.

Kohlensäure, Wasser, Ammoniak und die so eben besprochenen Aschenbestandtheile sind die allgemeinen Nahrungsmittel der Gewächse; sie sind zu gleicher Zeit die Endprodukte der Zersetzung, welcher alle Organismen nach dem unvermeidlichen Tode unterliegen. Und nur dadurch, daß die Organismen nach längerer oder kürzerer Lebensdauer absterben, und daß die Verbindungen, in welche sie nach dem Tode aufgelöst werden, gerade die Nahrungsmittel der Gewächse darstellen, also befähigt sind, zu neuen Organismen sich zusammenzufügen; nur durch diesen Kreislauf ist bei dem beschränkten Raume, welchen die, alle Pflanzen und Thiere bildenden Elementarstoffe in der Natur einnehmen, die Möglichkeit einer unendlichen Reihe von organisirten Individuen, eines sich ewig verjüngenden Lebens gegeben.

Aber Kohlensäure, Wasser, Ammoniak und die Aschenbestandtheile zusammengemischt, geben noch keine Pflanze; um solche aus ihnen hervorgehen zu lassen, bedarf es noch mancherlei und sehr bestimmter bedingender Verhältnisse. — Wasserstoff und Sauerstoff geben zusammengebracht nicht unter jeder Bedingung Wasser; ihr Gemisch läßt sich Jahre lang unverändert aufbewahren. Bis zu einer gewissen Temperatur erhitzt, erfolgt ihre Verbindung sogleich. Die hohe Temperatur kann hier ersetzt werden durch sehr poröse Körper: in den Poren des Platinschwammes sind ebenfalls die Bedingungen zur Vereinigung des Sauerstoff- und Wasserstoffgases gegeben. Umgekehrt kann das Wasser durch eine hohe Temperatur wohl in Gasform gebracht, aber nicht in seine einzelnen Bestandtheile zerlegt werden; in Berührung mit stark glühendem Platin zerfällt es in Sauerstoff und Wasserstoff. Was das glühende Platin, bewirkt gleichfalls der elektrische Strom. Alkohol und auch seine verdünnte Lösung in reinem Wasser, läßt sich mit Sauerstoff zusammen aufbewahren, ohne die geringste Aenderung zu erleiden; eine sich zersetzende stickstoffhaltende organische Materie führt die Vereinigung der beiden genannten Substanzen alsbald herbei: der Alkohol verbindet sich mit dem Sauerstoff zu Essigsäure. — Bei jeder Fabrikation, welche

eine bestimmte Umwandlung von chemischen Verbindungen zum Zweck hat, kommt es darauf an, die Rohprodukte unter gewissen Bedingungen auf einander einwirken zu lassen. Ein Gemisch von Alkohol und Schwefelsäure bis zu einer bestimmten Temperatur erhitzt, giebt Aether; aus einem Gemisch derselben Substanzen kann aber auch unter anderen Verhältnissen statt des Aethers Leuchtgas entstehen. Aus Stärke und Salpetersäure kann Dextrin, es kann aber auch Oxalsäure daraus erzeugt werden. Zucker mit sich zersetzenden stickstoffhaltigen Verbindungen zusammen gebracht, kann je nach den obwaltenden Umständen Alkohol, Milchsäure und Buttersäure liefern. Diese Beispiele, deren Zahl sich leicht außerordentlich vergrößern ließe, zeigen, wie unter verschiedenen einwirkenden Verhältnissen, unter denen die Temperatur stets eine besonders hervorragende Stelle einnimmt, die Anziehungskraft der verschiedenen Elementarkörper zu einander sich sehr ungleich äußert. So versteht es sich denn ganz von selbst, daß auch diejenigen chemischen Verbindungen, welche wir als die Nahrungsmittel der Pflanzen haben kennen lernen, nur unter ganz bestimmten Verhältnissen und Bedingungen zu den Bestandtheilen der Pflanzen zusammentreten können.

Zu diesen Bedingungen gehört zunächst das Vorhandensein einer schon fertig gebildeten lebensfähigen Pflanze, deren unentwickeltsten Zustand der Keim des Samens darstellt. So weit unsere Beobachtungen reichen, kennen wir keinen einzigen Fall, wo die unorganisirten Stoffe unmittelbar zu einem Organismus sich zusammenfügten, einen Organismus erzeugten; wir wissen nur, daß sie im Stande sind, den schon gebildeten zu vergrößern. Die Ausdrücke Nahrungsmittel der Pflanzen, und Assimilation der Nahrungsmittel sind daher durchgehends gerechtfertigt, in sofern sie die Existenz einer, wenigstens der Anlage nach, schon vorhandenen Pflanze voraussetzen.

Da die Keime der Pflanzen (und das Ei der Thiere) nicht von Ewigkeit her haben existiren können, sondern da sie sogar erst in den späteren Perioden der Erdbildung allmälig aufgetreten sind; so folgt daraus, daß in früheren Zeiten die herrschenden Verhältnisse dem unmittelbaren Zusammentreten der unorganischen Stoffe zum Organismus günstiger gewesen seiu müssen, als gegenwärtig. Uebrigens kann auch durchaus nicht mit absoluter Gewißheit behauptet werden, daß eine Entstehung von Organismen ohne Keim und Ei jetzt völlig

zu den Unmöglichkeiten gehört; sie ist aber bis dahin nicht beobachtet worden. Da die Materie mit ihren Kräften von Ewigkeit her dieselbe geblieben, so kann es also nur die Frage sein, ob die äußern Verhältnisse und Bedingungen, unter deren Einfluß die Stoffe früher die Organismen erzeugen konnten, heute durchaus nicht mehr bestehen, und auch nicht herstellbar sind. Bis diese Frage anders entschieden, sprechen die Beobachtungen in der Gegenwart für die Gültigkeit des Satzes: omne vivum ex ovo.

Ist der Keim also eine Hauptbedingung zur Erzeugung von organisirtem Pflanzenstoff, so fragt es sich, in welcher Weise er auf die Nahrungsmittel einwirkt. Als Antwort darauf, giebt es wieder nur Ansichten und Behauptungen, welche sich auf Wahrscheinlichkeitsgründe stützen, anstatt auf thatsächliche Beweise. Die fragliche Bedeutung des Keims ist in zwei Richtungen zu erörtern; erstlich in Bezug auf das Entstehen der chemischen Verbindungen, welche den Pflanzenkörper zusammensetzen; und zweitens in Bezug auf die Bildung der eigenthümlichen Gestalt, welche manche jener Verbindungen auf eine so charakteristische Weise im Organismus annehmen.

Was zunächst die Assimilation der Nahrungsstoffe, die Bildung von Pflanzensubstanz betrifft, so scheint man häufig dem Keim dabei nur eine Rolle zuertheilt zu haben, analog derjenigen, welche viele Körper in der unorganischen Chemie sowohl, als in der organischen, bei der Zersetzung und Umbildung der Verbindungen spielen, und die man mit dem, freilich sehr unbestimmten, Namen Contactwirkung bezeichnet hat. Wir verstehen darunter, wie schon früher angegeben, im Allgemeinen denjenigen zersetzenden Einfluß, welchen gewisse Stoffe auf andere Verbindungen ausüben durch bloße Berührung; ohne daß sie also auch nur vorübergehend sich mit ihnen chemisch verbunden hätten. Dahin gehört z. B. die Verbrennung des Wasserstoffs, durch den Platinschwamm vermittelt; die Zersetzung des Alkohols in Aether und Wasser durch Schwefelsäure; die Umwandlung der Stärke in Zucker durch Malzauszug; die Zersetzung des Zuckers in Alkohol durch Hefe ꝛc. In der organischen Chemie üben dergleichen Veränderungen ganz besonders die in Zersetzung begriffenen stickstoffhaltigen Substanzen aus; was zum Theil daher kommen mag, daß dieselben überhaupt sehr schnell und vollständig in Zersetzung übergehen. In den Organismen finden sich, sofern sie noch irgend lebensfähig sind, überall

stickstoffhaltige Verbindungen; und es unterliegt keinem Zweifel, daß dieselben einen thätigen Antheil an der Erzeugung und Umwandelung der organischen Stoffe nehmen. Sie treten besonders reichlich in denjenigen Zellen auf, welche der Zellenvermehrung dienen (Cambium); und sind auch im Keim und Samen in größerer Menge angehäuft.

Diese stickstoffhaltenden Verbindungen (oder überhaupt die Substanz der Pflanzenzellen) wirken also nach der beregten Ansicht unter den obwaltenden Verhältnissen dergestalt auf die eingedrungenen Nahrungsmittel ein, daß sich dieselben mit einander zu den verschiedenen Pflanzenstoffen vereinigen. Es ist dann darüber gestritten worden, ob die Kohlensäure oder das Wasser bei diesen Bildungen ihren Sauerstoff abgeben; ob sich also gleichsam der Kohlenstoff mit dem Wasser (die Hauptpflanzenstoffe enthalten bekanntlich neben dem Kohlenstoff Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältnisse, in welchem sie Wasser bilden), oder Wasserstoff mit der Kohlensäure verbinde. Zwischen jenen beiden Ansichten steht diejenige, welche sowohl die Kohlensäure, als das Wasser, einen Theil ihres Sauerstoffes abgeben läßt. Am wahrscheinlichsten ist es gewiß, daß die Bildung der assimilirten Stoffe gar nicht in einer solchen Weise geschieht, daß sich die Nahrungsmittel nur mit einander verbinden. Dieselben werden vielmehr wohl sicher in wirkliche chemische Verbindung mit den schon assimilirten Substanzen treten. Der abgegebene Sauerstoff kann alsdann sowohl von dieser letzteren, als von den gebundenen Nahrungsstoffen herrühren. Die fertig gebildete Pflanzensubstanz wirkte nach dieser Ansicht nicht bloß durch Contact auf die zu assimilirenden Nahrungsmittel, sondern auch dadurch, daß sie eine chemische Verbindung mit ihnen eingeht.

Die unorganisirten Stoffe werden sich vielleicht unter keinen Umständen, auch nicht in den Zellen der lebenden Gewächse, mit einander direct zu einer organisirten Verbindung vereinigen können; sondern nur, mit einer solchen, schon gebildeten zusammentretend, dieselbe verändern, vergrößern und vermehren. Diejenigen der Pflanzenstoffe, welche die Fähigkeit besitzen, sich mit den Nahrungsmitteln zu verbinden, namentlich zu bezeichnen, ist allerdings zur Zeit nicht möglich; so viel ist aber klar, daß dieselben fortwährend wieder erzeugt werden müssen. Um nicht zu sehr in Vermuthungen überzugehen, unterlassen wir es, die Art und Weise, wie dies vielleicht vor sich geht, weiter zu besprechen. Will man aber eine Vergleichung, so erinnern wir an die Wirkung

der Salpetersäure bei der Fabrikation der englischen Schwefelsäure. Eine verhältnißmäßig geringe Quantität Salpetersäure bewirkt die Oxydation einer sehr großen Menge schwefliger Säure, indem sie sich fortdauernd wieder regenerirt. Die Vergleichung der Bedeutung des Keims mit derjenigen der Hefe in der Bierbrauerei und Spiritusbrennerei, ist unstatthaft; weil die Hefe hier nur durch Contact wirkt.

Wie die Gestalt der assimilirten Substanzen abhängig ist von dem Keim, ist sehr einleuchtend, und schon früher bei der Bildung der Zellen besprochen worden. Da sich die letzteren durch Theilung vermehren, so muß die Gestalt der Mutterzelle und die Art der Theilung in gewissem Grade die Gestalt der Tochterzellen bedingen. Je nachdem sich eine langgestreckte Zelle in die Länge oder in die Quere theilt, entstehen zwei schmale langgestreckte, oder zwei kürzere, breitere Tochterzellen. Der Druck, welchen dieselben dann bei ihrer weiteren Ausbildung theils gegenseitig auf einander ausüben, theils von den umliegenden Zellen erfahren, modificirt ihre ursprüngliche Gestalt mehr oder weniger. Es bleibt hier freilich noch immer die Ursache aufzuklären, weßhalb sich die Zellen das eine Mal in die Länge, das andere Mal in die Quere, weßhalb sie sich überhaupt theilen. Wenn sich darauf augenblicklich auch keine Antwort geben läßt, so ist doch durchaus kein Grund vorhanden, daran zu zweifeln, daß eine solche über kurz oder lang aufgefunden werden wird. Keinenfalls aber ist es gerechtfertigt, jenen Vorgängen ganz eigenthümliche Kräfte unterzuschieben. Nur um zu zeigen, wie die Theilung möglicher Weise, als einfachen Gesetzen unterliegend, gedacht werden kann, nicht etwa um eine gültige Erklärung abzugeben, möge folgende Darstellung des in Rede stehenden Herganges dienen. Wir haben gesehen, daß von den Zellkernen aus verschiedene Strömungen des Zellinhalts ausgehen. Gehen von zweien oder mehren gleichzeitig vorhandenen Zellenkernen solche Strömungen aus, so müssen dieselben eine gegenseitige Wirkung auf sich selbst und auf die zu ihnen in Beziehung stehenden Zellenkerne ausüben. Diese letzteren werden sich, falls sie beweglich sind, von einander entfernen, und zwar so lange bis der auf sie ausgeübte Druck von allen Seiten gleich ist. Die Strömungen dauern fort und üben einen gewissen Druck auf die Wand der Zelle aus. Der Primordialschlauch, indem er wächst, die ihn umgebende feste Zellstoffschicht aber nicht ausdehnen kann, muß sich nach Innen einfalten, und die Stellen, wo diese Ein-

faltung geschieht, müssen diejenigen sein, wo der auf den Primordialschlauch ausgeübte Druck am kleinsten ist, also da, wo sich die verschiedenen Strömungen das Gleichgewicht halten, sich gegen einander abgrenzen; mithin jedenfalls zwischen den verschiedenen Zellkernen. Da kein Grund vorhanden ist, weshalb der Primordialschlauch nach der Einfaltung aufhören sollte, auf seine äußere Oberfläche Zellstoffschichten abzulagern; so werden, indem die Einfaltung fortschreitet und auf beiden Flächen der doppelten Wand Zellstoff gebildet wird, bald die einzelnen Zellkerne von geschlossenen Zellmembranen umkleidet, und die Tochterzellen fertig gebildet sein. Wenn sich die Zellenkerne in Folge der angedeuteten Ursachen in einer langgestreckten Zelle nach den beiden Enden zu placiren, so geschieht die Theilung in der Mitte, also quer; stellen sie sich aber in der Mitte der Wände einander gegenüber, so findet eine Längstheilung statt. Sind vier Zellenkerne in einer viereckigen Zelle vorhanden, so werden sie ihre Gleichgewichtslage wohl meist in den vier Ecken finden.

Wie aber auch immer der wirkliche Vorgang bei der Gestaltung der Zellen sein mag, so viel ist gewiß, daß derselbe nichts gemein hat mit dem Krystallisationsproceß. Die Krystallform ist die *specifische* Gestalt der Körper. Die Zellform ist aber nicht die eigenthümliche Gestalt, welche mit dem Wesen der chemischen Verbindungen, welche dieselbe im Organismus annehmen, *unzertrennlich* zusammenhängt; sie wird vielmehr bedingt durch mehr oder weniger *äußere* Einflüsse, die vor allen Dingen in der Form und Structur der Mutterzelle liegen. Wie die Urmutterzelle aber entstanden und ihre Gestalt bekommen, bleibt immer noch unangedeutet. Ihre Bildung können wir uns nur ähnlich derjenigen vorstellen, welche unter dem Namen „freie Zellenbildung" früher beschrieben wurde.

Die Gestalt der ganzen Pflanze hängt natürlich von der Gestalt der einzelnen Zellen und deren Anordnung ab, und ist erklärt in dem Augenblicke, wo diese hinlänglich aufgehellt sind. In dem Keime sind die verschiedenen Zellenarten schon ausgebildet und vertheilt; die ganze Pflanze ist in ihm der Anlage nach enthalten: es versteht sich daher von selbst, daß aus gleichen Samenkörnern, gleiche, oder doch höchst ähnlich geformte Pflanzen hervorgehen müssen.

Wie also in chemischer Beziehung die Bildung neuer assimilirter Verbindungen abhängig ist von den schon gebildeten des Keimes (oder

der Pflanzen überhaupt); so ist auch die Gestalt solcher Verbindungen, welche sie im Organismus annehmen, abhängig von der vorhandenen Zellenform. Die Mutterzellen sind gleichsam die Formen, in welche die neue Zellenmasse gegossen wird. Die Ablagerung der Zellstoffschichten auf der Außenseite des Primordialschlauches und der Innenseite der Zellstoffmembran läßt sich vielleicht veranschaulichen durch die Bildung der Kautschukschläuche, welche durch Auftragung des Kautschuksaftes auf Thonformen, deren äußere Gestalt sie nach dem Eintrocknen annehmen, dargestellt werden; ohne natürlich dieser Vergleichung weiter eine ihr nicht zukommende Bedeutung beizulegen. Das Räthselhafteste bei der Entwickelung der Pflanzen beibt daher immer die Entstehung des *ersten* Keimes, (der Urpflanzen) welche der Untersuchung und Beobachtung, und somit der empirischen Naturforschung entrückt ist.

Ob die Bildung der organischen Verbindungen des Pflanzenreiches durchaus an die Zellenform des lebenden Organismus gebunden ist; oder ob es auch gelingen wird, solche herzustellen ohne die Form, ist augenblicklich nicht zu entscheiden, aber jedenfalls von vorne herein nicht für unwahrscheinlich oder gar für unmöglich zu erklären. Einzelne organische Verbindungen, wie den Harnstoff und die Essigsäure hat man schon aus rein unorganischen Stoffen dargestellt. Warum sollte man da nicht (mit oder ohne Hülfe von anderen Pflanzenstoffen) auch Eiweiß, Zellstoff oder Stärke künstlich bereiten können? Allerdings sind die Verhältnisse in den Gewächsen sehr eigenthümlich und sehr complicirt, und es ist auf der andern Seite auch leicht möglich, daß dieselben außerhalb derselben nicht nachzuahmen, oder durch andere zu ersetzen sind.

Aber auch ein Keim (oder eine weiter entwickelte Pflanze) mit den Nahrungsmitteln zusammengebracht, genügt noch nicht, um unter allen Umständen Pflanzenstoff zu produciren; zur Einführung der Nahrungsmittel und Assimilation derselben sind noch mancherlei Bedingungen unumgänglich nothwendig.

Die festen Nahrungsmittel müssen aufgelöst sein, und zwar in *Wasser*. Ihre Lösungen müssen eine Concentration besitzen, welche innerhalb gewisser Grenzen schwanken, dieselben aber weder auf der einen, noch auf der anderen Seite überschreiten darf. Besonders kommt dies in Bezug auf einzelne gewisse Stoffe in Betracht, deren etwas concentrirte Lösung sofort den Tod der Gewächse herbeiführt.

Verschiedene Pflanzen sind aber in dieser Beziehung nicht gleich empfindlich. Die einen tödtet eine Kochsalzlösung von nur schwacher Concentration, während andere gerade in einer solchen üppig vegetiren, sie sogar von ziemlicher Stärke zu ihrer Entwickelung unbedingt erfordern. Da die Bildung der Pflanzenstoffe, so wie diejenige aller chemischen Verbindungen überhaupt, abhängig ist von der gegenseitigen Anziehung der auf einander einwirkenden Substanzen; die Kraft der von den einzelnen Substanzen ausgeübten Anziehung aber in Beziehung steht zu ihrer Masse: so ist es klar, daß auf die Entstehung der verschiedenen assimilirten Verbindungen die Zusammensetzung der Nahrungsmittellösung (das relative Verhältniß, in welchem die einzelnen Nahrungsmittel zu einander und zu dem lösenden Wasser stehen) von unbedingtem Einflusse sein muß. Es können je nach den vorhandenen Mischungsverhältnissen der Nahrungsmittel gewisse organische Verbindungen das eine Mal in größerer Menge erzeugt werden, als das andere Mal; es kann dagegen die Bildung anderer ganz oder theilweise beeinträchtigt werden. Die Entwickelung der Pflanzen ist jedoch abhängig von dem Verhältnisse, in welchem die verschiedenen, fortlaufend erzeugten näheren Bestandtheile derselben zueinander stehen. Ueberhaupt aber können durch zu starke Concentration der Nahrungsstoffe ganz andere Verbindungen gebildet werden, die dem Organismus sonst fremd sind, und störend auf ihn einwirken; es können dadurch auch schon assimilirte Bestandtheile der Pflanzen zersetzt werden. Kaustische Alkalien, denen das Ammoniak sich beigesellt, führen in einiger Concentration dergleichen Zersetzungen herbei, und wirken deshalb auf alle und jede Vegetation zerstörend ein. Ferner ist zu berücksichtigen, daß manche im Safte der Pflanzen aufgelöste Verbindungen bei einer stärkeren Concentration des Nahrungssaftes unlöslich ausgeschieden werden können: das Eiweiß gehört z. B. zu den unter solchen Verhältnissen leicht coagulirenden Substanzen. Um zu zeigen, wie ein und derselbe Stoff in ungleichen Concentrationen verschieden wirken kann, braucht nur an den thierischen Körper erinnert zu werden, welcher manche Gifte in kleinen Dosen nicht nur verträgt, sondern sogar sehr zuträglich findet; während größere Quantitäten davon das Leben beeinträchtigen und zerstören.

Was von den festen in Wasser gelösten Nahrungsstoffen gilt, findet gleichfalls auf die gasförmigen Anwendung. Die Kohlensäure darf 10 Procent der Luftmischung nicht überschreiten, ohne sofort einen

tödtlichen Einfluß auf die Vegetation auszuüben. Der Sauerstoff ist in seinem reinen Zustande den Pflanzen ebenso schädlich wie den Thieren. Der indifferente Stoff, welcher die Wirkung der concentrirten gasförmigen Nahrungsmittel mildert, wie das Wasser die der übrigen, ist der Stickstoff, welcher den größten Theil der Atmosphäre ausmacht.

Die angeführten Verhältnisse sind völlig im Einklang mit den Erfahrungen, welche der Chemiker sehr häufig zu machen Gelegenheit findet, wenn er aus den Mischungen gleicher Substanzen, je nach den verschiedenen Mischungsverhältnissen auch ganz verschiedene Produkte erhält.

Die Grenzen nun, innerhalb welcher die Concentration der einzelnen Nahrungsstoffe schwanken darf, sind weder im Allgemeinen, noch im Einzelnen hinreichend bekannt.

Außer den Nahrungsmitteln und der Quantität Wasser, welche zur Lösung und Verdünnung derselben nothwendig ist, bedarf die Vegetation noch eines bedeutenden Quantums von diesem letzteren, um dasjenige zu ersetzen, welches fortdauernd von der Oberfläche der Gewächse verdunstet. Die Menge desselben ist verschieden, und hängt von der Beschaffenheit der Pflanzen und denjenigen Verhältnissen ab, welche überhaupt die Verdunstung vermindern und vermehren. Die Entziehung des Wassers durch die Verdunstung ist in seiner Wirkung offenbar zunächst derjenigen der Concentration der Nahrungsmittellösung ähnlich; betrifft aber in derselben Weise die schon assimilirten Verbindungen. Manche der niedrigsten Pflanzen (Flechten) vertragen fast ein völliges Eintrocknen für längere Zeit, und fangen wieder an zu vegetiren, wenn ihnen Wasser zugeführt wird. Alle höher organisirten aber gehen unter, sobald ihnen das Wasser bis auf einen gewissen Punkt nur für ganz kurze Zeit entzogen worden. Verschiedene Bestandtheile des Saftes werden, einmal in fester Form ausgeschieden, nicht wieder gelöst.

Die sich entwickelnden Pflanzen bedürfen natürlich eines Mediums, in welchem sie sich ausbreiten. Dieses stellt auf der einen Seite die Erde auf der anderen die Luft (oder das Wasser) dar. Die Erde besteht aus Nahrungsstoffen der Gewächse, und aus dem Theile, welcher nach Abzug dieser übrig bleibt und als Reservoir der Nahrungsmittel und des Wassers (von welchem jedoch ein Theil zu den Nahrungsmitteln gehört) zu betrachten ist; außerdem bietet der letztere den Pflanzen das

Mittel zu ihrer Befestigung. Manche Wasserpflanzen, welche aus dem Boden keine Nahrung ziehen, bedürfen gar nicht der eigentlichen Erde, sondern nur irgend eines Haftpunktes; sie umklammern mit ihren kurzen dicken Wurzeln Steinstücke, mit denen sie durch starke Winde häufig an den Strand geworfen werden. Die Wasserpflanzen werden nicht allein von dem Boden getragen, sondern auch von dem umgebenden Wasser selbst.

Aber auch Keim, Nahrungsmittel, Wasser, Erde und Luft reichen noch nicht hin zur Entwickelung der Pflanzen, wenigstens nicht die bis jetzt besprochenen Eigenschaften derselben. Stärke und Malz giebt keinen Zucker, Zucker und Hefe keinen Alkohol, wenn ihre Temperatur nicht die erforderliche Höhe erreicht hat. Wärme in hinreichendem Grade ist ein Hauptbedingniß für alle chemischen Actionen: sie ist nebst dem Lichte nothwendige Bedingung für die Assimilation der Nahrungsmittel. Es ist schon bei der Zersetzung der Kohlensäure bemerkt worden, daß dieselbe nur im Lichte und bei hinreichendem Wärmegrade vor sich geht. Die Höhe der Temperatur, welche zur Ausbildung der einzelnen Pflanzen erfordert wird, ist sehr ungleich. Die verschiedenen Zonen der Erde besitzen jede ihre eigene Flora; und nur einzelne Pflanzen vertragen größere klimatische Unterschiede, und verbreiten sich vom Süden bis ziemlich hoch hinauf in den Norden. Unter den angebauten Pflanzen zeichnet sich hierin vor allen die Kartoffel aus. Diejenigen Gewächse aber, welche solche Temperaturunterschiede vertragen, scheinen dennoch zu ihrer Entwickelung einer gleichen Quantität von Wärme zu bedürfen; so daß die Zeit, welche sie zu ihrer völligen Ausbildung, vom Keime bis zur Reife, gebrauchen, im umgekehrten Verhältnisse steht zu den vorhandenen Temperaturgraden. Aehnliche Unterschiede, wie in den neben einander liegenden Zonen der Erde, beobachten wir in Betreff der Intensität des Wachsthums an demselben Orte in den verschiedenen Jahreszeiten. Wenn hier aber die üppigste Vegetation nicht gerade in die Zeit der höchsten Temperatur fällt, so ist dabei zu bedenken, daß diese Zeit auch nicht mit den längsten Tagen zusammenfällt; also auch nicht mit dem Maximum von Licht, ohne welches alle Wärme nicht ausreicht. Die Temperatur nimmt bekanntlich mit der Erhebung über der Erdoberfläche rasch ab: es ist daher auch möglich, in einem und demselben Breitengrade und zu einer und derselben Zeit Verschiedenheiten in der Vegetation zu beobachten, wie sie die neben

einander liegenden Zonen darbieten. Durch die Region der dichten Laubwälder gelangt man in den Gebirgen aufsteigend allmälig in das Nadelholz, bis weiter hinauf die größeren Bäume in niedriges Strauchwerk und Gestrüpp übergehen, welche alsbald verschwindend, unscheinbaren Pflänzchen den Platz allein überlassen. Moose und Flechten sind es, welche die starren Felsen hinaufbegleiten bis an die Region des ewigen Schnees und Eises, wo jede Spur des organischen Lebens erloschen.

Wie die verschiedenen Pflanzen ungleiche Quantitäten von Wärme erfordern, so bedürfen sie auch des Lichtes nicht alle in gleicher Intensität. Während die einen im directen Sonnenlichte am üppigsten gedeihen, sind andere auf das zerstreute Tageslicht angewiesen, und noch andere endlich ziehen sich zurück zu den schattigen Orten, in verschiedenen Abstufungen. In der Finsterniß können sich die keimenden Pflanzen zwar bis zu einem gewissen, geringen Grade fortentwickeln, sie besitzen aber eine bleiche Farbe, denn das Chlorophyll kann sich überall nur im Lichte erzeugen. Ebenso färben sich die Aepfel, Birnen, Pfirsiche, Aprikosen nur an der Lichtseite roth; die vom Laub bedeckten Früchte entbehren nicht allein dieser Färbung, sondern sind auch weniger zuckerreich. Da hier Licht und Wärme aus einer und derselben Quelle, der Sonne, fließen, so ist es nicht möglich, ohne Weiteres auf den Antheil zu schließen, welcher bei den vorgehenden chemischen Processen auf das Licht, und welcher auf die Wärme kommt. Das Licht übt übrigens auch auf viele unorganische Verbindungen einen stark zersetzenden Einfluß; und es können manche derselben nur in völliger Finsterniß unverändert aufbewahrt werden.

Wie weit die elektrischen Verhältnisse auf die Vegetation einwirken, ist noch unbekannt.

Außer den hier besprochenen scheint es für die verschiedenen Pflanzen noch eigenthümliche Verhältnisse und Bedingungen zu geben, von welchen ihre Entwickelung mehr oder weniger abhängt. Sie sind zum großen Theile noch sehr wenig aufgeklärt; so weit dieselben an die Bestandtheile des Bodens geknüpft sind, werden sie später bei der Beschreibung dieser berücksichtigt werden. Die großen Verschiedenheiten, welche sich in der Vertheilung der wild wachsenden Pflanzen über die Ackerflächen darbieten, haben sicher nur zu einem Theile, und vielleicht häufig zum kleinsten, ihren Grund in dem Vorhandensein von ungleichen

Quantitäten der nährenden Stoffe. Die Wasserpflanzen, denen besonders in fließenden Wässern allen eine gleiche Lösung von Nahrungsmitteln dargeboten wird, liefern ebenfalls sehr auffallende Beispiele von ungleicher Vertheilung. Hier scheinen mitunter rein mechanische Verhältnisse einen großen Einfluß auf die Vegetation auszuüben. Eine gewisse Conferve z. B. wächst, sich auf Holz und Steinen anheftend, in einem Strome, welcher eine Geschwindigkeit von 8 bis 10 Fuß in der Secunde besitzt, außerordentlich rasch und üppig; sie erreicht hier eine Länge von einem Fuß und darüber, indem sie einen gleichförmigen Faden, mit seltenen, kaum sichtbaren Seitenzweigen darstellt. In demselben Wasser, nur einige Schritte weiter, wo die Geschwindigkeit des Stromes, in Folge einer Ausdehnung seines Bettes, nur noch etwa 2 bis 3 Fuß in der Secunde beträgt, wird diese Pflanze 1, höchstens 2 Zoll lang, und bietet, von unten an sich verästelnd, einem buschigen Strauche zu vergleichen, ein ganz verändertes Aussehen dar. Wo der Strom periodisch fließt, da erreicht jene Conferve eine Ausbildung, welche im Verhältniß steht zu der Häufigkeit, mit welcher das Strömen erfolgt. Hört es für längere Zeit ganz auf, so stirbt die Pflanze allmälig ab, zahlreichen mikroskopischen Thieren zum Aufenthaltsort und zur Nahrung dienend. Nahrungsmittel, Wärme und Licht sind in allen Fällen gleich vertheilt: es müssen daher noch andere Verhältnisse die Entwickelung jener Pflanze in so hohem Grade bedingen. Es scheint fast, als ob der Druck des strömenden Wassers die seitliche Verzweigung verhindert, und das Wachsthum in die Länge befördert. Solche Beispiele mahnen auch den Beobachter der Landpflanzen, bei der Beurtheilung der zu ihrem Gedeihen erforderlichen Bedingungen, aufmerksam zu sein auf alle, auch auf die scheinbar unwesentlichen und indifferenten Verhältnisse.

Die einzelnen Bedingnisse der Vegetation können natürlich nicht einander ersetzen: Licht kann weder die Wärme, noch die Wärme das Licht; noch können beide die Nahrungsmittel ersetzen. Aber in einer und derselben Zeit kann unter günstigen Umständen aus einer verdünnten Lösung der Nahrungsmittel ebensoviel Pflanzensubstanz erzeugt werden, als unter weniger günstigen Verhältnissen aus einer concentrirteren. Ein Boden von gleicher Kraft entwickelt in zwei aufeinanderfolgenden Jahren oft eine sehr verschiedene Vegetation; durch vermehrte Zufuhr von Nahrungsmitteln kann andererseits bis zu einem gewissen

Grade die Ungunst der Witterung ersetzt werden. Ueberhaupt ertragen die Pflanzen bei Gegenwart von reichlicher Nahrung jedwede störende Einflüsse weit besser als auf ärmerem Boden. — Bei Darstellung chemischer Verbindungen erhält man ähnlich in einer bestimmten Zeit aus verdünnten Lösungen bei höherer Temperatur häufig eine ebenso große Quantität davon, als aus concentrirten Lösungen bei geringeren Wärmegraden. —

Das bisher über die Bedingungen der Pflanzenernährung Gesagte hat nur Geltung von dem Augenblicke an, wo die Gewächse durch die zuerst entwickelten Wurzeln und Blätter Nahrungsstoffe aus dem Boden und der Luft aufnehmen; es findet keine Anwendung auf den eigentlichen Keimungsproceß selbst, während dessen das junge Pflänzchen von den im Samenkorne abgelagerten assimilirten Pflanzenstoffen allein lebt. Der Same keimt auch bei Abschluß des Lichtes, und mancher keimt sogar besser im Finstern, als im Licht. Eine gewisse Temperatur ist aber auch für den Keimungsproceß unerläßliche Bedingung; und ebenso eine genügende Feuchtigkeit. Im ungelösten, völlig trockenen Zustande wirken die meisten Körper nicht auf einander ein: die Bewegung ihrer Theile ist zu sehr erschwert. Tritt Wasser in das Samenkorn, so schwillt es anfänglich auf, und nach einer bestimmten, für die einzelnen Samen verschiedenen, Zeit treten die Wurzeln und die Verlängerung des Stammendes aus der zersprengten Samenhülle hervor. Durch die Einwirkung der sich zersetzenden stickstoffhaltigen Verbindungen (Diastase) wird die Stärke in Dextrin und Zucker verwandelt, und, dadurch in einen löslichen Zustand übergeführt, kann sie zur Bildung neuer Zellen, zur Vergrößerung des Keimes weiter verwandt werden.

Sauerstoff ist für die Keimung nothwendig: dieselbe erfolgt weder im Stickstoff, im Wasserstoff, noch im kohlensauren Gas. Statt des aufgenommenen Sauerstoffs wird von den keimenden Samen ein Theil Kohlensäure an die Atmosphäre zurückgegeben. Die Samenkörner erleiden während der Keimung einen Gewichtsverlust, welcher sowohl durch Abgabe von Kohlenstoff, als auch von Wasserstoff und Sauerstoff bedingt wird.

Die harte Schale des Samens ist für das Hervortreten des Keimes ein gewisses Hinderniß. Stoffe, welche dieselbe zerstören, beschleunigen deshalb die Keimung. Zu diesen gehört vorzüglich das Chlor.

Dasselbe muß natürlich so verdünnt angewendet werden, daß es nicht zugleich den Keim zerstört. Alte Samenkörner, deren Keimung durch keine andere Mittel erreicht werden konnte, wurden durch Anwendung von Chlor in kurzer Zeit zum Aufgehen gebracht.

Die Aufnahme von Nahrungsmitteln aus dem Boden durch den Keimling beginnt schon sehr früh; die Assimilation der atmosphärischen Kohlensäure sogleich bei dem Erscheinen der ersten grünen Theile.

Ueber die Wege, auf welchen die Nahrungsmittel in die Gewächse eingeführt und in denselben vertheilt werden.

Die Pflanzen bestehen aus Zellen, aus kleinen, vollständig umschlossenen Räumen. Die Membran der Zellen ist frei von irgend welchen Poren und Löchern. Die Pflanzen besitzen keinen Mund und keinen Magen, ihnen fehlt ein Darmkanal und jedwede Leitungsröhre, welche mit den Blutgefäßen der Thiere zu vergleichen wäre. Was von Außen in die Vegetabilien, also in die Zellen eingeführt werden soll, muß eine Membran, was von einer Zelle zur anderen übergeht, muß deren zwei durchwandern. Wie es aber den Flüssigkeiten möglich wird, nicht durchlöcherte Membranen zu durchdringen, das bedarf einer weiteren Besprechung.

Wenn man eine Glasröhre an dem einen Ende mit einer dünnen Haut, thierischer Harnblase, Kautschuklamelle ꝛc. verschließt, und dann theilweise mit Wasser füllt; so wird, falls die verschließende Haut nicht etwa verletzt ist, kein Tropfen Wasser ausfließen, und der Stand desselben in der Röhre wird, wenn die Verdunstung verhindert ist, fortdauernd unverändert bleiben. Stellt man die Röhre in ein anderes Gefäß mit Wasser, so wird auch dadurch das Verhältniß nicht geändert. Ganz dasselbe findet statt, wenn die Röhre mit Alkohol oder mit einer Salzlösung gefüllt und frei aufgestellt, oder in Alkohol und beziehungsweise in eine Salzlösung von derselben Concentration getaucht worden. Taucht man aber die mit Alkohol oder Salzlösung gefüllte Röhre in reines Wasser, so wird sich der Stand der Flüssigkeit in der Röhre alsbald verändern, und zwar in beiden Fällen fort-

dauernd in die Höhe steigen. Es dringt also Wasser durch die Membran hindurch in die Röhre ein; auf der anderen Seite aber geht auch, wie die weitere Untersuchung lehrt, ein Theil des Alkohols oder der Salzlösung zum umgebenden Wasser über; daß dieser Theil aber dem eingetretenen Wasser an Umfang nicht gleichkommt, beweist das Steigen der inneren Flüssigkeit. Die Bewegung der beiden Flüssigkeiten dauert so lange, bis sich die Verschiedenheiten zu beiden Seiten der trennenden Membran vollkommen ausgeglichen haben, bis sich also innerhalb und außerhalb der Röhre gleiche Mischungen der beiden verschiedenen Flüssigkeiten befinden. Man hat den eben beschriebenen Proceß mit den Namen Endosmose und Exosmose, oder Diffusion durch Membranen bezeichnet. Endosmose ist das Eintreten von Flüssigkeiten, Exosmose das Austreten. Es ist klar, daß dieser Unterschied nur allein durch den Standpunkt des Beobachters gebildet wird: in dem oben beschriebenen Falle z. B. fände in Ansehung der Röhre eine vorherrschende Endosmose und untergeordnete Exosmose statt; in Ansehung der umgebenden Flüssigkeit aber gerade umgekehrt eine vorherrschende Exosmose und weit geringere Endosmose. Wir werden uns in der Folge zur Bezeichnung des fraglichen Vorganges nur des Namens Endosmose bedienen.

Das Eindringen der gelösten Nahrungsmittel in das Innere der Zellen, durch deren Membranen hindurch, ist jedenfalls ein endosmotischer Proceß. Damit ist nun allerdings noch nichts weiter gesagt, als daß derselbe durch keine specifischen Eigenschaften der organisirten Natur veranlaßt wird, sondern ebensowohl in der unorganisirten beobachtet wird. Die Erklärung der auffallenden Thatsache, daß die Membran, welche den Durchgang einer Flüssigkeit, selbst bei Anwendung eines ziemlich starken Druckes, nicht gestattet (also, wie man sagt, vollkommen dicht hält), dadurch, daß eine ungleichartige Flüssigkeit, welche für sich allein ebensowenig durch dieselbe getrieben werden konnte, ihre andere Seite bespült, scheinbar ihre Eigenschaften so vollkommen ändert, daß nun die beiden Flüssigkeiten sie durchdringen, und sich mit einander mischen, ähnlich als wenn die Membran gar nicht vorhanden wäre; diese Erklärung zu geben, bleibt noch weiteren Betrachtungen überlassen.

Taucht man eine mit thierischer Blase verschlossene Röhre in Wasser, so nimmt die Blase eine bestimmte Quantität davon in sich

auf, befeuchtet sich durch ihre ganze Masse hindurch, und hält das aufgesogene Wasser mit einer gewissen Kraft zurück. Wird darauf auch in die Röhre von demselben Wasser gegossen, so kann dieses offenbar ebensowenig auf das von der Membran eingesogene Wasser einwirken, als umgekehrt das letztere auf das in der Röhre befindliche Wasser irgendwie reagiren kann. Es wird also keinerlei Bewegung durch die Membran hindurch stattfinden. Gießt man aber statt des Wassers Alkohol oder eine Salzlösung in die Röhre, während sie wie vorher in ein Gefäß mit reinem Wasser getaucht bleibt, so wirken diese ungleichartigen Flüssigkeiten auf das von der Membran aufgesogene Wasser, mit dem sie inwendig in Berührung kommen, ein. Die Kraft, mit welcher die ersteren das Wasser anziehen und lösen, ist größer als diejenige, womit dasselbe von der Membran gebunden ist; folglich wird dieser letzteren ein Theil ihres Wassers entzogen werden und, nach den Gesetzen der früher besprochenen einfachen Diffusion, ins Innere der Röhre gelangen. Dieser entzogene Theil muß aber, da die Anziehung der Membran zum umgebenden Wasser nicht aufhören kann, alsbald aus diesem wieder ersetzt, später jedoch von der inneren Flüssigkeit wiederum aufgelöst und aufgenommen werden. Dieser Proceß wird sich so lange wiederholen, bis die Lösungen innerhalb und außerhalb der Röhre einander vollkommen gleich geworden sind, wo dann natürlich dieselben Verhältnisse eingetreten sind, wie in dem erst erwähnten Fall zwischen Wasser und Wasser. Wenn der Alkohol oder die Salzlösung durchaus gar nicht in die Membran eindringen könnten, so würde der Proceß in der That so einfach sein, wie er eben beschrieben worden ist. Das ist nun aber allerdings nicht der Fall. Diese Lösungen werden ebenfalls von der Membran mit einer gewissen Kraft aufgesogen, und an ihrer Außenseite ebenso an das umspülende Wasser abgegeben, wie inwendig das Wasser von jenen Lösungen aufgenommen wurde. Die Kraft, mit welcher der Alkohol und die Salzlösung von der Membran angezogen werden, ist aber nicht so groß, wie diejenige, womit das reine Wasser von ihr angezogen wird. Die Quantität der austretenden Lösungen ist deshalb kleiner, als die des eingeführten Wassers; und folglich muß die Flüssigkeit in der Röhre vermehrt werden und in die Höhe steigen.

Es ist bei dieser Betrachtung das Eintreten des Wassers und das Austreten der inneren Lösung gesondert beschrieben worden.

Dies ist aber nur des leichteren Verständnisses halber geschehen; denn in der Wirklichkeit existiren für die beiden verschiedenen Flüssigkeiten nicht etwa zwei getrennte Wege durch die Membran: die Mischung derselben geschieht schon innerhalb der Membran selbst. Der Erfolg bleibt aber natürlich derselbe, wie er vorhin dargestellt wurde: die Membran enthält eine verdünnte Lösung der beiden Flüssigkeiten, welcher auf der Außenseite Alkohol oder Salz und auf der anderen Seite Wasser entzogen wird.

Nach dem Gesagten ist es klar, daß der endosmotische Proceß abhängig ist: erstens von der Anziehungskraft, welche die trennende Membran auf die getrennten Flüssigkeiten ausübt, und zweitens davon, daß die Kraft, mit welcher sich die beiden Flüssigkeiten mit einander mischen, größer ist, als die Anziehungskraft derselben zu der Membran. Eine mit Oel gefüllte Röhre, die wie vorhin mit thierischer Blase verschlossen ist, wird in Wasser getaucht durchaus keine Veränderungen zeigen. Das Wasser dringt zwar ebenfalls in die Membran ein, aber Oel und Wasser üben keine Anziehung auf einander aus, können sich nicht mit einander mischen, und es wird also das letztere der Membran nicht entzogen. Eine mit einer dünnen Kautschuklamelle verschlossene Röhre, mit Salzlösung gefüllt und in Wasser getaucht, wird ebensowenig eine endosmotische Erscheinung darbieten. Hier üben zwar die beiden getrennten Flüssigkeiten Anziehung zu einander aus, aber keine von beiden zur trennenden Membran: Kautschuk wird von Wasser oder wässerigen Lösungen entweder gar nicht, oder doch nur oberflächlich benetzt, und kann ihnen mithin keinen Durchgang gestatten.

Es ist übrigens nicht nöthig, daß die beiden verschiedenen Flüssigkeiten Verwandtschaft zur Membran haben. Wird z. B. eine mit Kautschuk verschlossene Röhre mit Alkohol gefüllt und in Wasser gestellt, so tritt der Alkohol in Folge seiner Verwandtschaft zur Membran in dieselbe ein, und wird auf der anderen Seite vom Wasser aufgenommen: die Flüssigkeit in der Röhre muß also fallen. Es fragt sich nun, ob das Kautschuk den Alkohol noch aufzunehmen im Stande ist, wenn derselbe mit wenig Wasser vermischt worden. Ist dies der Fall, so wird auch der Alkohol, welcher sich innerhalb der Membran befindet, an deren Außenseite etwas Wasser aufnehmen, und auf der anderen Seite an den Alkohol in der Röhre abgeben; und der Proceß würde sich dann nicht allein auf ein einfaches Austreten von Alkohol

beſchränken. Angenommen aber, der Alkohol in der Röhre beſäße einen ſolchen Zuſtand der Verdünnung, daß die Kautſchukmembran ihn nicht in einer noch mehr verdünnten Löſung aufnehmen kann, ſo wird allerdings gar kein Waſſer in die Röhre eingeführt werden. Befände ſich aber in dem vorliegenden Falle anſtatt des reinen Waſſers eine wäſſerige Salzlöſung außerhalb der Röhre, ſo würde der die Membran tränkende Alkohol dasjenige Salz, welches er unter dieſen Verhältniſſen aufzulöſen vermag, (welches er alſo überhaupt einer wäſſerigen Löſung entziehen, und welches in alkoholiſcher Löſung von der Membran aufgeſogen werden kann) aufnehmen und in die Röhre überführen. Wären dann etwa in der äußeren Flüſſigkeit *mehre* Salze zugleich gelöſt, ſo könnten möglicher Weiſe *einzelne* in die Röhre gelangen, andere aber, die den eben beſprochenen Bedingungen nicht genügen, zurück gelaſſen werden. — Eine Collodiumhaut bietet ähnliche Erſcheinungen dar: ſie läßt nur Waſſer durch, aber kein Salz, weil ſie zu einer Salzlöſung durchaus keine Anziehung ausübt.

Die Schnelligkeit des endosmotiſchen Austauſches hängt natürlich von dem Grade der Anziehung ab, welche die beiden getrennten Löſungen zu einander, und zur Membran ausüben. Sind dieſe Verhältniſſe auf beiden Seiten gleich, ſo findet die Ausgleichung ſtatt *ohne* Veränderung des Volumens der beiden Flüſſigkeiten. Sind ſie aber ungleich, ſo wird das Volumen derjenigen Seite, auf welcher die größte Anziehung zur Membran (oder zur anderen Flüſſigkeit) vorhanden iſt, vermindert, und natürlich das der anderen Seite um ebenſoviel vermehrt. In einer mit thieriſcher Blaſe verſchloſſenen Röhre *ſteigt* die Flüſſigkeit, wenn ſie mit Alkohol gefüllt und in Waſſer getaucht wurde, weil das Waſſer von der Blaſe mehr angezogen wird, als der Alkohol; es iſt bekannt, daß eine mit wäſſerigem Alkohol gefüllte thieriſche Blaſe denſelben allmälig ſtärker werden läßt, indem das Waſſer in verhältnißmäßig größerer Menge durch die Membran verdunſtet, als der Alkohol. War die Röhre mit Kautſchuk, oder mit der Zellwand einer niederen Pflanze, der caulerpa prolifera, verſchloſſen, ſo ſind alle Verhältniſſe umgekehrt; der Stand der Flüſſigkeit in der Röhre *fällt*. — Hat man Löſungen verſchiedener Salze, ſo geht in Betreff der einzelnen die Ausgleichung verſchieden raſch vor ſich.

Die Quantität Salz, welche eine gewiſſe Membran aufzunehmen vermag, iſt begrenzt; es giebt ein Maximum der Concentration für

die einzelnen Salzlösungen, in welcher sie von den Membranen aufgesogen werden können. Ueberschreitet die Lösung dieses Maximum, so nimmt die Membran aus ihr mehr Wasser als Salz auf. Unterhalb dieses Maximalpunktes aber steht im Allgemeinen der Effect des endosmotischen Processes im Verhältniß zu der Concentration; oberhalb desselben hat natürlich jede Vermehrung der Concentration gar keinen Einfluß auf den Vorgang. Ebenso macht es keinen Unterschied, ob eine wässerige Lösung 5, 10 oder 20 Procent Alkohol enthält, wenn die Endosmose durch eine thierische Blase vermittelt wird; die durch dieselbe zum Wasser übergehende Quantität Alkohol bleibt stets gleich groß. Diejenige aber des eintretenden Wassers steigt mit der Concentration des Alkohols; und ebenso tritt mehr Wasser zu den concentrirteren Salzlösungen, weil die concentrirten Lösungen von Alkohol oder Salz im Allgemeinen das Wasser begieriger anziehen, als die verdünnten. Die Endosmose hört, wie gesagt, völlig auf, so bald die Verschiedenheiten der beiden getrennten Flüssigkeiten ausgeglichen sind. Bei Lösungen verschiedener Salze kann das Gleichgewicht in Bezug auf einzelne derselben früher hergestellt sein als in Bezug auf die anderen; und die Endosmose beschränkt sich alsdann später nur auf die letzteren.

Je dünner die trennenden Membranen sind, desto schneller erfolgt die Endosmose: denn die Bewegung (Diffusion) durch die Membran erfordert den größten Zeitaufwand.

Die Art und Weise, wie die Flüssigkeiten in der Membran, welche sie aufgesogen, vertheilt sind, in welchem Verhältnisse sie zu der Substanz der Membran stehen, kann nicht mit Bestimmtheit angegeben werden. Gegen die Annahme von unsichtbaren Poren, welche von den Flüssigkeiten ausgefüllt würden, sprechen sehr gegründete Betrachtungen. Veranschaulichen kann man sich das fragliche Verhältniß durch die Art, wie das Krystallwasser in den Salzen verbreitet ist; natürlich ohne dabei an eine wirkliche chemische Verbindung nach bestimmten Proportionen zu denken.

Der Vorgang bei der Endosmose ist der früher unter dem Namen der Diffusion beschriebenen Mischung ungleichartiger, aber durch keine Membran von einander getrennter, Flüssigkeiten in gewissem Grade ähnlich: er ist so zu sagen eine *zusammengesetzte* Diffusion. Es kommt zu dem Mischungsbestreben der beiden getrennten Flüssigkeiten zu einander noch die Anziehung zur Membran hinzu. Ist diese einseitig,

ſo kann auch die Endosmoſe einſeitig ſein, d. h. nur nach einer Richtung durch die trennende Membran ſtattfinden.

Die endosmotiſchen Verhältniſſe mußten hier weitläufiger beſchrieben werden, weil ohne ſie ein Verſtändniß der Aufnahme der Nahrungsmittel und der Verbreitung des Pflanzenſaftes nicht erreicht werden kann.

Die Gewächſe ſtellen ein Conglomerat von Zellen dar: der flüſſige Inhalt der einzelnen Zellen iſt durch die ſie umſchließenden Membranen getrennt. Ebenſo iſt der Pflanzenſaft von der äußeren Nahrungsflüſſigkeit des Bodens durch die Membranen der Wurzelzellen geſchieden. Der Proceß der Nahrungsaufnahme und der Vertheilung des Saftes muß alſo überall ein endosmotiſcher ſein. Wir betrachten zunächſt die Einführung der im Boden gelöſt vorkommenden Nahrungsmittel durch die Wurzeln.

Nur derjenige Theil der Wurzeln, welcher von einer zarten, für Flüſſigkeiten durchdringbaren Epithelium-Oberhaut umkleidet iſt, und in der Regel mit vielen feinen, die Oberfläche vergrößernden Härchen, den ſogenannten Wurzelhaaren beſetzt iſt, nimmt Nahrungsmittel aus dem Boden auf. Die Epitheliumhaut iſt zunächſt alſo die endosmotiſche Membran, welche den Saft der Wurzelzellen von der Bodenflüſſigkeit trennt. Dieſer Saft iſt in ſeinen Beſtandtheilen verſchieden von der äußeren Löſung der Nahrungsmittel, und es muß daher ein endosmotiſcher Austauſch zwiſchen ihnen ſtattfinden, wenn ſie ſich überhaupt mit einander miſchen und von der Membran aufgeſogen werden können. Die Beobachtung lehrt, daß die erſte der beiden Bedingungen vollſtändig, die zweite aber nur theilweiſe gegeben iſt, inſofern die Membran von dem inneren aſſimilirten Safte nicht durchdrungen werden kann, wohl aber von der Bodenflüſſigkeit. Der endosmotiſche Strom iſt daher ein einſeitiger: die Bodenflüſſigkeit dringt ein, aber der Zellſaft (wenigſtens der aſſimilirte) nicht heraus; gleich wie der Alkohol durch die Kautſchukmembran zum Waſſer, das Waſſer aber nicht zugleich zum Alkohol übertritt. Von einem allgemeinen, vollſtändigen Austauſch kann daher nicht die Rede ſein. Ein ſolcher findet nur ſtatt zwiſchen der Bodenflüſſigkeit und dem unaſſimilirten Theile des Saftes, welcher eben weiter nichts iſt, als die eingetretene, noch nicht weiter veränderte Bodenflüſſigkeit. Dieſer unaſſimilirte Theil des Saftes muß ſich natürlich vollſtändig im Gleichgewicht halten mit der äußeren Nahrungslöſung, d. h. er

enthält eine gleich concentrirte Lösung von Alkali-, Erd- und Metallsalzen, wie sie gerade im Boden vorhanden ist. Wird dies Gleichgewicht auf irgend einer Seite gestört, so wird sofort ein endosmotischer Proceß eingeleitet, welcher so lange dauert, bis dasselbe wieder hergestellt ist. Wird also z. B. kohlensaurer Kalk in den Zellen zersetzt, indem sich vielleicht Oxalsäure oder Weinsäure mit dem Kalk verbindet und die Kohlensäure austreibt, so ist der Zellsaft dadurch ärmer an kohlensaurem Kalk geworden, als die Bodenflüssigkeit; und es muß daher aus letzterer so viel davon eingeführt werden, als zur Herstellung des Gleichgewichtes erfordert wird. Die gebildeten Kalksalze können natürlich nicht austreten, da sie unlöslich sind; aber auch die löslichen Verbindungen der unorganischen mit den assimilirten Stoffen können ebenfalls nicht austreten, weil, soweit unsere Beobachtungen reichen, keine assimilirte Verbindung durch die Membranen zum Boden übergehen kann.

Jedes Salz also, welches zersetzt und assimilirt wird, muß von Außen durch die das gestörte Gleichgewicht herstellende Endosmose wieder eingeführt werden. Wird kohlensaures Kali zersetzt, muß wieder kohlensaures Kali, wird kohlensaures Natron zersetzt, wieder dieses Salz; geht phosphorsaure Magnesia eine Verbindung mit einer organischen Substanz ein, so muß wieder phosphorsaure Magnesia aus der Bodenflüssigkeit eingeführt werden.

Hierdurch wird das früher erwähnte *scheinbare Wahlvermögen* der Pflanzen bei der Aufnahme ihrer Nahrungsmittel sehr einfach erklärt. Jede Pflanze nimmt stets denjenigen Stoff aus dem Boden wieder auf, den sie verbraucht, *assimilirt* hat, und zwar in dem Verhältnisse, in welchem er assimilirt wurde; da die *Assimilation* einer Substanz ihre *Zufuhr* durch den endosmotischen Proceß bedingt.

Der *unassimilirte* Saft, welcher die ganze Pflanze durchdringt, enthält, wie gesagt, alle Salze in demselben Verhältnisse wie sie in der Bodenflüssigkeit gelöst sind. Er enthält auch diejenigen, welche für die Entwickelung der Gewächse gleichgültig sind, und nie assimilirt werden; daher findet man auch das Natron z. B. in geringen Mengen selbst in solchen Pflanzen, welche dasselbe zu ihrer Entwickelung nicht bedürfen ꝛc. Die Quantität dieser Stoffe wird natürlich in den saftigen Pflanzen und Pflanzentheilen bedeutender sein, als in den saftarmen.

Es ist bis jetzt nur immer von *Salzen* in der Bodenflüssigkeit und im unassimilirten Pflanzensafte die Rede gewesen; denn es ist

zweifelhaft, ob die löslichen organischen Bodenbestandtheile überhaupt, also namentlich die Humuskörper, von der Membran der Wurzelzellen aufgesogen und durchgelassen werden können. Diejenigen organischen Stoffe, welche den assimilirten Verbindungen des Zellsaftes vollkommen gleich sind, können natürlich nicht aufgenommen oder doch wenigstens nicht in die Zellen hineingeführt werden; denn wenn sie die Membran überhaupt durchdringen könnten, müßten sie auch heraus zum Boden geführt werden können, was wie wir gesehen haben nicht der Fall ist. Die unorganischen Salze vermögen, so lange sie nicht assimilirt worden sind, ebenso gut von Innen nach Außen, als umgekehrt von Außen nach Innen überzutreten, wenn die Verhältnisse es erfordern. Stellt man eine Pflanze in destillirtes Wasser, so nimmt dieses Salze aus dem Pflanzensafte auf, weil die Endosmose hier in umgekehrter Richtung thätig werden muß. An einer Anhäufung der unassimilirten Salze in dem Safte, welche das Verhältniß ihres Vorkommens in der Bodenflüssigkeit überschritte, ist daher nicht zu denken.

Aus dem bisher Gesagten geht zur Genüge hervor, daß es für die Erklärung der Aufnahme von Nahrungsmitteln durch die Pflanzen, und deren scheinbaren Wahlvermögens der Annahme ganz besonderer Kräfte nicht bedarf. Die Aufnahme erfolgt nach den allgemein gültigen Gesetzen, nach denen sich die verschiedenen Flüssigkeiten überhaupt, und auch dann, mischen und ins Gleichgewicht setzen, wenn sie durch Membranen von einander getrennt sind. Eine Auswahl bei der Aufnahme der Bodenflüssigkeit findet durchaus gar nicht statt; es werden alle gelösten Salze, nothwendige sowohl als gleichgültige und geradezu giftige eingeführt, wie sie die Wurzeln umgeben. Der unassimilirte Nahrungssaft ist die Fortsetzung der Bodenflüssigkeit in die Pflanzen hinein; was verändert und assimilirt wird, muß, da das Gleichgewicht mit der Bodenflüssigkeit nicht gestört bleiben kann, durch den entstehenden endosmotischen Proceß wieder eingeführt werden. Zwei ungleiche Pflanzen, auf demselben Boden stehend, werden einen gleichen unassimilirten Saft enthalten; die Ungleichheiten, welche sie in der Zusammensetzung ihrer Asche zeigen, werden dadurch veranlaßt, daß sie ungleiche Stoffe zu ihrer Ausbildung erforderten, und aus dem unassimilirten Nahrungsafte ausschieden.

Die Fortleitung der aufgenommenen Nahrungsstoffe geschieht nach ganz denselben Gesetzen, wie ihre Aufnahme. Wie sich die äußersten

Wurzelzellen zu der sie bespülenden Bodenflüssigkeit verhalten, so verhalten sich offenbar die an die ersteren angrenzenden Zellen zu dem Safte derselben: die sie trennenden Membranen vermitteln den endosmotischen Austausch; und so setzt sich jede folgende Zelle mit der zunächst vorhergehenden ins Gleichgewicht, welches auf diese Weise in Betreff der Nahrungsstoffe durch die ganze Pflanze und auch mit der äußeren Bodenflüssigkeit hergestellt werden muß. Wird in einer inneren Zelle irgend ein Stoff, z. B. phosphorsaurer Kalk assimilirt, so tritt sofort aus den angrenzenden Zellen solange von dem Kalksalze ein, bis das gestörte Gleichgewicht wiederhergestellt ist. Diese Zellen aber nehmen das Abgegebene wieder aus ihren Nachbarzellen auf, und so pflanzt sich die Bewegung fort bis an die äußersten Wurzelzellen, welche das Abgegebene aus dem Boden ersetzen.

Wenn in dem Vorangehenden die gleichmäßige Vertheilung der Nahrungsstoffe durch den ganzen flüssigen Inhalt aller vorhandenen Zellen hinlänglich erklärt ist; so bleibt jetzt noch übrig, die Art und Weise der Saftvermehrung während des Wachsthums nachzuweisen, die Ursachen anzugeben, welche bewirken, daß alle vergrößerten Räume sofort mit Saft vollständig angefüllt werden.

Nehmen wir eine unten mit Blase verschlossene, und zur Hälfte mit destillirtem Wasser angefüllte Glasröhre, und stellen dieselbe in eine Lösung verschiedener, vergleichsweise aller derjenigen Salze, welche die Nahrung der Pflanzen ausmachen; so wird sofort ein endosmotischer Proceß eingeleitet, durch den sich der Inhalt der Röhre allmälig mit der äußeren Lösung ins Gleichgewicht setzt. Bringen wir darauf in die Röhre ein kleines Stück Oxalsäure, so verbindet sich dieses mit dem vorhandenen Kalk zu einem unlöslichen, zu Boden fallenden Salze. Das durch die Ausscheidung des Kalkes gestörte Gleichgewicht wird durch die Zufuhr einer gleichen Quantität von Außen wieder ersetzt. Bringen wir darauf wiederholt eine Quantität Oxalsäure in die Röhre, so wird dadurch eine allmälige Anhäufung des Kalkes innerhalb der Röhre auf Kosten der sie umgebenden Flüssigkeit bewerkstelligt. Wir haben in diesem Beispiele ein Bild von der Einführung und Anhäufung der Salze in den Pflanzen. Der Stand der Flüssigkeit in der Röhre ist durch jene Vorgänge aber nicht erhöht worden; er wurde im Gegentheil anfangs durch den Austritt von Wasser erniedrigt; und erhielt sich nach Herstellung des Gleichgewichtes unverändert, oder

wurde höchstens um so viel, als der ausgeschiedene oxalsauere Kalk Raum einnimmt, wieder erhöht. Bringen wir darauf eine Quantität Zucker, oder eine andere lösliche organische Substanz in die Röhre, so wird sich der Stand der Flüssigkeit in derselben sofort erhöhen; und wenn ein Stillstand eingetreten ist, so wird eine neue Quantität Zucker wiederum das Steigen veranlassen. Die Zuckerlösung besitzt eine Anziehungskraft zum Wasser, welche hinreichend ist, dasselbe der Membran zu entziehen: sie leitet daher einen endosmotischen Proceß ein, in Folge dessen Flüssigkeit von Außen eingeführt wird. Diese eingeführte Flüssigkeit muß natürlich in ihrer Zusammensetzung der äußeren vollkommen entsprechen, weil sonst das Gleichgewicht zwischen den Salzen innerhalb und außerhalb gestört werden würde.

Bestände der flüssige Inhalt einer Zelle nur aus der Lösung der unassimilirten Salze des Bodens, so würde derselbe, wenn sich die Zelle um das Doppelte erweiterte, nicht der Erweiterung folgen, sondern nur die Hälfte der Zelle anfüllen. Da aber in der Wirklichkeit alle saftführenden Zellen eine gewisse Quantität löslicher organischer Verbindungen enthalten, so bewirken diese die Ausfüllung aller Erweiterungen der Zellen auf ähnliche Weise, wie die Zuckerlösung das Steigen der Flüssigkeit in der Glasröhre verursachte. Die gelösten organischen Substanzen unterhalten eine stete endosmotische Spannung, in Folge derer ein allseitiger Druck auf die innere Fläche der Zellwandungen, deren Spannkraft dem Eindringen der äußeren Flüssigkeit eine Grenze setzt, ausgeübt wird. Sobald die hindernden Grenzen zurückweichen, folgt die Flüssigkeit nach. Eine wirkliche Ausgleichung der die Endosmose veranlassenden Verschiedenheit der inneren und äußeren Lösungen kann hier nie stattfinden, da die organischen Verbindungen nicht aus der Pflanze hinaus zur Bodenflüssigkeit übergehen können. Aber auch selbst eine bedeutende Verdünnung des Zellsaftes während des Wachsthums, veranlaßt durch den allmäligen Uebergang der gelösten organischen Verbindungen in feste Pflanzenstoffe, und damit eine anhaltende Schwächung der endosmotischen Spannung kommt nicht vor; da aus den Nahrungsmitteln fortwährend neue Quantitäten von organischen Verbindungen erzeugt werden, welche, sich in dem Safte auflösend, denselben concentrirt erhalten. Das Steigen des Saftes bewirken also die darin gelösten organischen Stoffe; es geschieht um so intensiver, je reicher der Saft an ihnen ist. Am concentrirtesten

iſt der Saft aber im Frühling, nach dem Erwachen der Vegetation, und (bei den Bäumen) im Spätſommer, nachdem ſich die Endknospen geſchloſſen haben; alſo in den Vegetationsperioden, wo die Aſſimilation der Nahrungsſtoffe im Safte in einem größeren Verhältniſſe vor ſich geht, als das Wachsthum, die Zellenbildung; je raſcher die Zellenbildung fortſchreitet, je mehr Stoffe aus dem Safte in feſter Form abgelagert werden, um ſo verdünnter muß derſelbe ſelbſtverſtändlich werden.

Die Verſorgung des unaſſimilirten Nahrungsſaftes mit allen Salzen des Bodens, und die ſtete Erſetzung der verbrauchten, aſſimilirten, geſchieht, wie angegeben, auch ohne Zuthun der das Steigen des Saftes veranlaſſenden organiſchen Subſtanzen.

Alle Pflanzen, mit Ausnahme der untergetauchten Waſſerpflanzen, verdunſten von ihrer Oberfläche eine bedeutende Quantität Waſſer. Wenn ſolches aus dem Safte abgeſchieden wird, ſo iſt das endosmotiſche Gleichgewicht mit der äußeren Bodenflüſſigkeit geſtört, und es kann nur dadurch wiederhergeſtellt werden, daß ebenſo viel Waſſer von Außen wieder eingeführt wird. Wären keine organiſche Verbindungen im Safte vorhanden, welche die Zufuhr von Waſſer erfordern, ſo würde das Gleichgewicht allerdings auch theilweiſe dadurch hergeſtellt werden können, daß Salze aus der Pflanze in den Boden übergingen. Da nun durch Verdunſtung und Aſſimilation verhältnißmäßig weit mehr Waſſer verbraucht wird, als von den darin gelöſten Salzen, ſo muß die Bodenflüſſigkeit durch die fortdauernde Vegetation allmälig immer mehr concentrirt werden, wenn nicht dies verbrauchte Waſſer gleichmäßig durch Regen, Thau ꝛc. wieder erſetzt wird. Auf die Einführung der Nahrungsſtoffe in die Pflanzen hat die Verdunſtung inſofern einen Einfluß, als ſie dieſelbe beſchleunigt: denn die Salze müſſen offenbar raſcher eintreten, wenn das Waſſer, worin ſie gelöſt ſind, zugleich mit eingeführt wird; da alsdann die Schwierigkeiten der Diffuſion der Salze im Innern der Membran beſeitigt werden. Je dünner übrigens die Membranen ſind, und je concentrirter die nährende Bodenflüſſigkeit iſt, um ſo weniger fühlbar muß dieſer Einfluß ſein.

Die Fortleitung des Saftes durch die Gewächſe geſchieht, wie wir geſehen haben, nicht durch Gefäße, ſondern von Zelle zu Zelle durch Endosmoſe. Der aſſimilirte Saft iſt übrigens nicht in allen

Theilen der Pflanzen gleich zusammengesetzt. Diese Erscheinung hat ihren Grund einmal darin, daß manche der assimilirten löslichen Verbindungen die Zellmembranen überhaupt nicht durchdringen können, und daß solche in den verschiedenen Zellen in ungleichen Mengen producirt werden; und zweitens darin, daß die Membranen der die einzelnen Gewebe bildenden Zellen in endosmotischer Beziehung von einander abweichen, so daß die einen Substanzen durchzulassen vermögen, welche die anderen nicht eindringen lassen. Mit anderen Worten: es giebt flüssige (gelöste) organische Pflanzenbestandtheile, welche in denjenigen Zellen, in welchen sie entstanden, verbleiben müssen, weil sie die Membranen derselben nicht passiren können; und es giebt ferner Flüssigkeiten, welche nur die Membranen *gewisser* Zellen durchdringen können, von den anderen aber abgesperrt werden. Gleichartige Zellen, wie sie in den einzelnen Geweben mit einander verbunden sind, führen gleichartigen Saft, weil sie gleiche Stoffe produciren, und ihren Inhalt gegenseitig austauschen können; ein Verhältniß, welches zwischen den Zellen verschiedenartiger Gewebe nicht in demselben Maße stattfindet. Es giebt in den Pflanzen auf diese Weise mehrere Saftströme, welche in übereinanderliegenden gleichartigen Zellen, die seitlich durch ungleichartige begrenzt werden, sich fortbewegen. Die Cambialschichten führen einen reichlichen, und vorzüglich einen sehr stickstoffhaltigen Saft in die Höhe; sie werden gebildet durch sehr dünnwandige Zellen, welche den Saftaustausch begünstigen. Die anderen Zellen der Gefäßbündel, welche das Cambium begrenzen, enthalten einen anderen Saft, und sind überhaupt in der leichteren Fortführung desselben durch ihre verdickten Wände behindert. Da die Blätter auch Nahrungsstoffe aufnehmen, von denen die Entstehung *aller* Pflanzenbestandtheile abhängt, so ist es klar, daß diese, sei es im unveränderten oder veränderten Zustande, durch die *ganze* Pflanze verbreitet werden müssen. Daraus folgt also, daß von den Blättern der Gewächse ebenso eine Saftbewegung hinabgeht bis zu den Wurzeln, als umgekehrt eine andere von den Wurzeln bis zu den Blättern aufsteigt. Dieser absteigende Strom kann nur dicht unter der Rinde stattfinden; denn wenn man einen Zweig bis auf das Holz ringsum einschneidet, so verdickt sich derselbe nur *oberhalb*, nicht aber unterhalb des Schnittes. Der unteren Partie wurden durch den (nicht tiefen) Schnitt die von den Blättern hinabsteigenden Nahrungsmittel schon vollständig abgeschnitten. Das Hinabsteigen

des Saftes geſchieht jedoch ebenſowenig wie das Aufſteigen in einem geſonderten Strome. Die Bewegung des Saftes wird überall nur durch endosmotiſche Ausgleichung hergeſtellt; es dringen in eine Zelle gleichzeitig von oben und von unten die angrenzenden verſchiedenartigen Flüſſigkeiten ein; durch ein und dasſelbe Gewebe ſteigen zu einer und derſelben Zeit die Nahrungsſtoffe ꝛc. hinauf und hinab.

Zu denjenigen Subſtanzen, welche, wenngleich flüſſig, dennoch keinen Antheil nehmen an der Saftbewegung, ſondern in den Zellen, wo ſie entſtanden, bleiben, gehören nicht allein die Oele, ſondern noch andere, auch ſtickſtoffhaltige, Verbindungen, welche man in dem übrigen Theile des Saftes, ohne ſich mit ihm zu vermiſchen, umherſchwimmen ſieht.

Wie kommt es aber, mag man vielleicht fragen, daß die äußerſten Zellen der Wurzeln, welche ihren aſſimilirten Saft durch ihre Wandung hindurch in die angrenzenden Zellen verbreiten können, dieſen ſelben Saft nicht durch dieſelbe Wand in den Boden überführen können? Man wird ſich jedoch erinnern, daß die Wand, welche die Zellen nach Außen hin begrenzt, eben nicht gleich iſt derjenigen, welche ſie nach Innen von den übrigen Zellen trennt; ſondern daß erſtere ſtets von einer eigenthümlichen Schicht, der Cuticula, überzogen iſt. Was die eigentliche Zellwand durchzulaſſen vermag, kann von der Cuticula abgeſchloſſen werden. Die unter der Cuticula liegende Zellenſchicht iſt das Epithelium, welches von den darangrenzenden Geweben ebenfalls verſchieden iſt; und es iſt überhaupt noch nicht erwieſen, obgleich ſehr wahrſcheinlich, daß organiſche Verbindungen aus dem Epithelium nach Innen fortgeführt werden können. — Der unorganiſche Nahrungsſaft durchdringt wahrſcheinlich alle lebensfähigen Zellen ziemlich gleichmäßig.

Wenn es in dem gewöhnlichen Sprachgebrauche heißt, daß die Pflanzen die Nahrungsmittel aufnehmen, ſo iſt dabei immer zu beachten, daß die Kraft, welche die Nahrungsmittel in das Innere der Pflanzen bringt, nicht an dieſe allein gebunden iſt, ſondern daß ſie ebenſogut in der äußeren Flüſſigkeit liegt. Mit demſelben Rechte, mit welchem man ſagt: die Pflanze nimmt die Stoffe auf; darf man auch ſagen: die Stoffe dringen in die Pflanze ein.

Die Gaſe gelangen auf ähnliche Weiſe in das Innere der Gewächſe, wie die gelöſten Subſtanzen; auch ſie müſſen die Membranen durchdringen und endosmotiſchen Geſetzen folgen.

Es bleibt schließlich noch übrig, darauf aufmerksam zu machen, wie die in der Ackererde verbreiteten Nahrungsstoffe den Wurzeln der Gewächse zugeführt werden. Wenn auch die Wurzelenden, indem sie allmälig in die Tiefe eindringen, mit einer größeren Quantität des Ackerbodens in unmittelbare Berührung kommen, so leuchtet es doch völlig ein, daß die Nahrungsmittel, welche in den von ihnen berührten Theilen vorhanden waren, noch lange nicht hinreichen, um den Verbrauch während der Vegetation zu decken. Es ist nicht schwer einzusehen, wie die Nahrungsstoffe auch aus den entfernteren Bodenschichten den Wurzeln zugeführt werden. Wenn nämlich diese letzteren die sie benetzende Bodenflüssigkeit aufgenommen haben, so wird dieselbe aus den angrenzenden Erdschichten sofort wieder herbeigeführt; und zwar nach denselben Gesetzen, nach welchen das Oel in den Lampendochten aufsteigt, und fortdauernd den verbrennenden Theil ersetzt. Der Verbrauch ist es hier selbst, welcher die Zufuhr bedingt. Eine Pflanze verdunstet während des Tages eine bedeutende Quantität Wasser; dieses Wasser muß die Bodenfeuchtigkeit liefern, und es ließen sich, wenn der Feuchtigkeitsgrad des Bodens bekannt ist, annähernd die Grenzen der Bodenschichten bestimmen, bis zu welchen sich der Einfluß der Feuchtigkeitsentziehung erstrecken muß, welche Quantitäten des Bodens ihr Wasser abgeben mußten; wenn man wüßte, wie viel von seinem Feuchtigkeitsgehalt der Boden überhaupt unter den obwaltenden Verhältnissen abgeben kann. Je wasserärmer ein Boden ist, desto größere Quantitäten desselben müssen ihre Feuchtigkeit abgeben. Es wurde früher angegeben, daß eine Sonnenblume während des Tages ungefähr $1\frac{1}{2}$ Pfund Wasser abdunstet. In einem Boden wachsend, welcher 5 Procent Feuchtigkeit enthält, würde sie in 4 regenlosen Tagen schon 100 Pfund des Bodens vollständig alles Wassers berauben. Der Grad bis zu welchem die Pflanzen einen Boden austrocknen können, hängt von der Beschaffenheit des Bodens, und auch wahrscheinlich von der Art der Pflanzen ab. Erbsenpflanzen fingen an, sehr deutlich zu vertrocknen, als sie einen humusreichen Boden bis zu $3\frac{1}{4}$, einen Lehmboden bis zu $2\frac{1}{2}$, und einen Sandboden bis zu $1\frac{1}{2}$ Procent Feuchtigkeitsgehalt ausgetrocknet hatten. Unter zu Grundelegung der Mittelzahl würde also die Sonnenblume in 4 Tagen mindestens 200 Pfund oder circa 2 Kubikfuß Erde die wässerige Lösung entzogen haben, welche sie überhaupt an die Pflanzen abgeben kann.

Das von allen Seiten den abdunstenden Vegetabilien zuströmende Wasser führt natürlich alle darin gelösten Nahrungsstoffe mit sich. Da nun die Pflanzen verhältnißmäßig mehr Wasser aufnehmen, als von den darin gelösten Salzen, so können diese letzteren, da die Diffusion in dem Erdboden, besonders in der Richtung, welche dem Strome seiner Flüssigkeit zuwider läuft, außerordentlich erschwert ist, in einem gewissen Maße an den Wurzeln der Gewächse angehäuft werden. Dunsteten die Pflanzen kein Wasser ab, und entzögen sie in Folge dessen der Bodenlösung, welche ihre Wurzeln umgiebt, nur die zu assimilirenden Salze, so könnten diese aus den angrenzenden Erdschichten nur durch Diffusion ersetzt werden (ein Capillarstrom fände dann nicht statt); und da diese, wie gesagt nur sehr langsam von Statten gehen kann, so würden die Pflanzen sehr bald Mangel an Nahrungsmitteln leiden. Die große Bedeutung der Verdunstung für die Zufuhr von Nahrungsmitteln ist also sehr klar; je ärmer der Boden an Nahrungsmitteln, desto größer ist diese Bedeutung, während sie für sehr reichen und feuchten Boden fast verschwindend klein werden kann. Die Wasserpflanzen ernähren sich zum Theil ohne abzudunsten; die Diffusion ist aber auch in dem Wasser, besonders dem fließenden, sehr schnell und vollständig.

Aus einer wie großen Entfernung den Pflanzen Nahrungsmittel zugeführt werden können, hängt natürlich von der Beschaffenheit des Ackerbodens ab, von seinem Feuchtigkeitsgehalt und der Tiefe, bis zu welcher in ihm die Capillar-Attraction wirksam sein kann. So viel ist aber gewiß, daß diejenigen in einem großen Irrthume befangen sind, welche als die, den Pflanzen zu Gebote stehenden Nahrungsmittel nur die betrachten, welche in der obersten 10 bis 12 Zoll dicken Bodenschicht enthalten sind, weil bis zu dieser Grenze gewöhnlich nur die Cultur (und die Wurzeln der Gewächse?) eindringen. Richtig würde diese Annahme nur da sein, wo unter der obersten Ackerschicht ein sehr fester Boden liegt. Die Pflanzen auf einem durchlassenden Sandboden erhalten dagegen Nahrungsmittel aus einer nicht bestimmbaren Tiefe und Entfernung.

In der atmosphärischen Luft ist die Diffusion am vollständigsten; und die Blätter der Gewächse sind daher, wie schon früher erwähnt wurde, stets von einer gleichen Luftmischung umgeben, wie viel von ihren Bestandtheilen sie derselben auch immer entziehen mögen.

Die in dem Vorſtehenden mitgetheilte Anſicht über die Einführung der Nahrungsmittel in die Gewächſe ſtimmt nicht überein mit der bisher allgemein angenommenen; und es iſt daher nöthig, auch dieſe noch nachträglich anzuführen, zugleich mit den Gründen, welche gegen ſie ſprechen.

Ausgehend von der Beobachtung, daß die Pflanzen, welche man in verſchiedenen Salzlöſungen vegetiren ließ, in einer gegebenen Zeit denſelben ungleiche Quantitäten der entſprechenden Salze entzogen, immer aber verhältnißmäßig mehr Waſſer als Salz einführten, nahm man an, daß die Membranen der Pflanzen derartig conſtruirt ſeien, daß ſie die einzelnen Salze nur in einer ganz beſtimmten Verdünnung aufzunehmen und durchzulaſſen im Stande wären; daß alſo mit je 100 Theilen Waſſer, welches in die Pflanzen übergeht, zugleich ein beſtimmtes Quantum von den einzelnen Salzen eingeführt werden müſſe. Bei den verſchiedenen Pflanzen ſeien die Membranen in dieſer Beziehung anders beſchaffen; ſo daß ſich die Ungleichheit in dem Gehalt und der Zuſammenſetzung der Aſchen auf ein ungleiches Durchlaſſungsvermögen der einzelnen Pflanzenmembranen in Bezug auf die Salze gründe. Die Aſchen der meiſten Pflanzen ſollen alſo z. B. deshalb kein, oder doch nur wenig Natron enthalten, weil die Membranen dieſer Pflanzen das Natron entweder gar nicht, oder doch nur in einer außerordentlich verdünnten Löſung, durchzulaſſen vermochten. Die Membranen der einen Pflanze ſollen das Kali, die der anderen die Kalkerde, die der dritten die Kieſelſäure ꝛc. in größter Concentration ihrer Löſungen durchlaſſen können; und dieſem Vermögen entſpräche alsdann der vorherrſchende Kali-, Kalk- oder Kieſelſäuregehalt der verſchiedenen Aſchen.

Die Vegetabilien dunſten, ſo ſagt man weiter, fortwährend Waſſer ab, und concentriren dadurch den Pflanzenſaft; um das abgedunſtete Quantum zu erſetzen, muß ebenſoviel Waſſer wieder aus dem Boden eindringen, und mit ihm alle darin aufgelöſten Salze, in demſelben Verhältniſſe, in welchem ſie die Wurzelmembranen durchzulaſſen vermögen.

Daß dieſe Anſicht theilweiſe auf willkürlichen Annahmen beruht, daß ſie ſogar den aus der Erfahrung hervorgegangenen Geſetzen der Endosmoſe geradezu widerſpricht, liegt klar zu Tage. Wenn die Bodenfeuchtigkeit, welche in Folge der Verdunſtung in die Pflanzen eindringen

muß, alle in ihr gelösten Salze mit sich führen soll; so müßte wenigstens zugleich angenommen werden, daß die Salze ganz in demselben Verhältnisse und in demselben Maße, in welchem sie eingeführt werden, und in welchem das sie lösende Wasser abdunstet, selbst verändert, assimilirt oder sonst wie aus der Lösung ausgeschieden werden. Wenn man eine mit Blase verschlossene Glasröhre mit irgend einer Salzlösung füllt, und dieselbe darauf in eine ganz gleichartige Lösung taucht, so wird durchaus kein Salz von außen in die Röhre eintreten können, mag aus derselben noch so viel Wasser verdunsten. Was eindringt ist nur reines Wasser; und es ist auch kein entfernter Grund vorhanden, weshalb die innere concentrirtere Lösung der Membran die Salze entziehen sollte, welche sie selbst in größerer Menge enthält; es wird im Gegentheil unter solchen Umständen sogar aus der inneren Lösung Salz durch die Membran hindurch zur äußeren übergeführt. Würde das gelöste Salz in der Röhre in demselben Verhältnisse, in welchem das lösende Wasser abdunstet, in *fester* Form ausgeschieden; so bliebe natürlich die innere Lösung der äußeren in *jeder* Beziehung gleich, und es könnte dann durchaus gar keine endosmotische Bewegung stattfinden. Wären aber in dem so eben gesetzten Falle gleichzeitig organische Substanzen, z. B. Zucker in der inneren Lösung vorhanden, und würden diese durch das abdunstende Wasser nicht ausgeschieden; dann müßte allerdings das abgedunstete Wasser von außen wieder eindringen, und in ihm alle Salze. Es werden also, wie gesagt, nur in dem Falle gleichmäßig mit dem Wasser alle darin gelösten Salze in die Pflanzen eindringen, wenn die Assimilation derselben gleichen Schritt hält mit der Abdunstung. An ein bloßes Auskrystallisiren der Salze in Folge der Wasserentziehung ist offenbar nicht zu denken, da die Lösung, welche Salze *absetzt*, natürlich auch nicht das Vermögen hat, solche anderweitig *aufzunehmen*; erhält sie aber das Vermögen durch hinzugetretenes Wasser wieder, so ist nicht abzusehen, weshalb dasselbe nicht eher, oder doch wenigstens eben so sehr, auf die vorhin ausgeschiedenen Salze, als auf neu einzuführende lösend wirken soll. Eine solche Abscheidung durch Wasserentziehung aber hat man offenbar im Sinne gehabt, wenn man von einer durch die Verdunstung bewirkten Anhäufung der zufälligen unorganischen Salze in den Pflanzen spricht; wenn man meint, daß die Blätter deshalb am meisten Asche geben, weil sie am meisten Wasser abdunsten ꝛc. Man hätte sich von

der Unrichtigkeit dieſer Anſicht, wenn nicht anders, durch die directe Beobachtung leicht überzeugen können. Die Zellen, welche unter den Spaltöffnungen und Poren liegen, durch welche das Waſſer verdunſtet, werden von der Abdunſtung zunächſt und verhältnißmäßig am meiſten betroffen; ihre Löſungen werden durch dieſelbe am meiſten concentrirt, am weiteſten eingedickt; aber deſſenungeachtet erweiſen ſie ſich nicht als angefüllt mit ausgeſchiedenen Salzen. Die Hauptmaſſe der Aſchenbeſtandtheile liegt in den Blättern höchſt wahrſcheinlich in der verkorkten Oberhaut, welche gerade am wenigſten Waſſer abdunſtet. Auch die Schalen der unterirdiſchen, gar nicht abdunſtenden Knollen ſind ſehr reich an Aſchenbeſtandtheilen.

Wir wollen weiter nicht alle die Gründe anführen, welche obige Theorie, die ſich ſchon mit den Geſetzen der Endosmoſe, auf die ſie ſich ſtützen will, im Widerſpruche ſteht, als höchſt unwahrſcheinlich erſcheinen laſſen; es ſollen hier nur noch diejenigen hervorgehoben werden, welche ihre Unrichtigkeit vollſtändig beweiſen.

Die Menge der Aſchenbeſtandtheile iſt nach der zu widerlegenden Anſicht ganz abhängig von der Quantität des verdunſteten Waſſers. Da nun die Verdunſtung offenbar in verſchiedenen Jahren und an verſchiedenen Orten ſehr ungleich iſt, ſo iſt man, um jene Theorie aufrecht zu erhalten, zu der Annahme gezwungen, daß die Bildung der Pflanzenmaſſe ganz im Verhältniſſe ſteht zu der Quantität des abdunſtenden Waſſers: denn ſonſt müßten offenbar in den Jahren, wo die Verdunſtung durch hohe Temperatur begünſtigt iſt, die Aſchenprocente der Pflanzen höher ſein, als in kälteren Jahren; was in der Wirklichkeit nicht der Fall iſt. Wenn man nun den Nachweis führen kann, daß ſich zwei gleiche Pflanzen, von denen die eine viel, die andere wenig abdunſtet, gleich raſch und vollſtändig entwickeln, ſo iſt die fragliche Theorie hinlänglich widerlegt. Dieſer Beweis aber iſt thatſächlich geführt. Zwei Pflanzen, von denen die eine in freier Luft, die andere in einem vollkommen verſchloſſenen Glasgefäße vegetirten, von denen die erſtere alſo ungleich mehr Waſſer verdunſten mußte, als die letztere, entwickelten ſich dennoch ganz gleich gut, ja die verſchloſſene Pflanze entwickelte ſich theilweiſe raſcher, als die andere. Die fragliche Theorie hing durchaus ab von der Annahme, daß die einzelnen unorganiſchen Stoffe nur in einer ganz beſtimmten Verdünnung die Membranen der Pflanzen durchdringen könnten; ſie fällt

unhaltbar, sobald nachgewiesen, daß die Quantität des abgedunsteten Wassers ohne Nachtheil für die Vegetation größeren Schwankungen unterworfen sein kann, als der Aschengehalt der Pflanzen, und dessen Zusammensetzung. Es ist ferner leicht einzusehen, daß jene Ansicht voraussetzt, daß die Bodenflüssigkeit die einzelnen unorganischen Salze in concentrirteren, oder doch wenigstens in einer ebenso concentrirten, Lösung enthalten muß, als dieselben die Membran durchdringen können; da im entgegengesetzten Falle das bestimmte relative Verhältniß der einzelnen Aschenbestandtheile unter sich, nicht würde erhalten werden können. Wenn z. B. der Stoff a nur in einer Concentration von $\frac{1}{100}$, b aber nur in einer Verdünnung von $\frac{1}{300}$ und c endlich von $\frac{1}{500}$ die Membran einer Pflanze durchdringen könnten, und sich deshalb in der Asche derselben im Verhältnisse von $1 : \frac{1}{3} : \frac{1}{5}$ vorfinden müßten: so würde diese Pflanze für den Fall, daß sich alle 3 Stoffe im Boden in der Concentration von $\frac{1}{500}$ befänden, dieselben im Verhältnisse von 1 : 1 : 1 aufnehmen, da sie alle in der Lösung von $\frac{1}{500}$ die Membran durchdringen könnten; und es müßten so Abweichungen in der Zusammensetzung der Aschen vorkommen, wie sie in der Wirklichkeit nicht beobachtet werden. Wenn aber zur Aufrechthaltung jener Theorie angenommen werden soll, daß die Bodenlösung alle Stoffe in mindestens ebenso concentrirter Lösung enthält, als sie in die Pflanzen eindringen können; so ist die Wirkung des Düngers vollkommen unerklärlich. Ganz unerklärlich bleibt in jedem Falle die Wirkung eines einzelnen Nahrungsstoffes. Man führt z. B. einer Pflanze ein Ammoniaksalz zu, und alsbald entwickelt sich dieselbe üppiger, nimmt also in ein und derselben Zeit auch von allen übrigen Aschenbestandtheilen mehr auf, als vorher. Weshalb das? die Membran kann doch durch die Ammoniakzufuhr nicht urplötzlich verändert worden sein, und ebensowenig die Verdunstung, welche erst durch die vermehrte Pflanzensubstanz, also erst nach der Wirkung der mehr aufgenommenen Salze, gesteigert wird. — Fast jeder Boden enthält gewiß das Chlornatrium in weit concentrirterer Lösung, als es nach der besprochenen Rechnungsweise in die Pflanzen eindringen kann; und dennoch bewirkt eine vermehrte Zufuhr dieser Salze eine vermehrte Aufnahme durch die Pflanzen.

Die angeführten Thatsachen sind genügend, um die Theorie, nach welcher die Einführung der Nahrungsmittel unmittelbar bedingt wird durch die Verdunstung des Wassers aus den Pflanzen, und die

verſchiedene Durchdringbarkeit der Membranen für die einzelnen Salze, als hinreichend widerlegt betrachten zu dürfen. Wir werden an der zuerſt abgehandelten Anſicht, welche überall auf die vorliegenden thatſächlichen Beobachtungen aufgebaut iſt, ſo lange feſthalten müſſen, als nicht nachgewieſen iſt, daß ſie ſich mit irgend einem Ergebniß empiriſcher Forſchung im Widerſpruch befindet.

Die untergetauchten Waſſerpflanzen, welche natürlich kein Waſſer abdunſten können, enthalten meiſt ziemlich bedeutende Quantitäten Aſche: ſie müſſen alſo das umgebende Medium, dem ſie verhältnißmäßig mehr Salze entziehen, als Waſſer, allmälig beconcentriren. Wollte man da nun etwa annehmen, daß deren Membranen die einzelnen Salze nur in einer größeren Concentration durchzulaſſen vermögen, als diejenige iſt, in welcher ſich das umgebende Medium befindet! Will man aber einmal willkürlichen Annahmen nachgehen, nun ſo mag man leicht Alles durch Alles erklären. Von den untergetauchten Waſſerpflanzen enthalten übrigens zwei gleiche Exemplare ebenfalls häufig verſchiedene unorganiſche Subſtanzen; und dies kann zum Beweiſe dienen, wie wenig gerechtfertigt es war, aus dieſer Erſcheinung bei den Landpflanzen auf zufällige, durch die Verdunſtung angehäufte Aſchenbeſtandtheile zu ſchließen.

Wenn man den atmoſphäriſchen Luftdruck als eine Urſache der Einführung von Nahrungsmitteln in die Pflanzen hat mit aufführen wollen; ſo hatte man nicht berückſichtigt, daß der Druck nur einen beſchränkten Einfluß auf endosmotiſche Bewegungen hat; und daß, da die Pflanzen meiſt leicht zuſammendrückbar ſind, bei der Allſeitigkeit des Druckes, der Druck auf die innere Zellflüſſigkeit und vermittelſt derſelben auf die Innenſeite der Membran, ſtets demjenigen das Gleichgewicht halten muß, welcher die Nahrungsflüſſigkeit von Außen gegen die Membran treibt. Wenn übrigens der Druck das Eindringen der wäſſerigen Löſungen in die Pflanzen beſchleunigen ſoll, ſo müßte er ſicher noch leichter die Gasarten hineintreiben, und dadurch das geſtörte Gleichgewicht wieder herſtellen.

Was endlich die *Wurzelausſcheidungen* während des Wachsthums der Pflanzen betrifft, ſo hat man nie einen Austritt von *organiſchen* Subſtanzen beobachtet. Daß aber alle diejenigen Stoffe, welche in die Pflanzen einzudringen vermögen, durch die unveränderten Membranen auch wieder rückwärts müſſen austreten können, ſobald

ſich die endosmotiſchen Verhältniſſe demgemäß ändern, verſteht ſich von ſelbſt. Wenn man Pflanzen in deſtillirtes Waſſer ſetzt, ſo werden die unaſſimilirten unorganiſchen Salze theilweiſe in dasſelbe übertreten. Es iſt daher auch leicht möglich, daß unorganiſche Stoffe, welche dadurch in den Zellen aufgehäuft wurden, daß ſie eine Verbindung mit organiſchen eingingen, nach Zerſetzung dieſer ihrer Verbindung zum Theil wieder in den Erdboden zurückgehen. — Raſcher kann man auf der anderen Seite den Pflanzen ihren unorganiſirten Saft entziehen, wenn man ſie in eine concentrirte Löſung ſolcher organiſchen Subſtanzen, welche den endosmotiſchen Proceß energiſch einzuleiten pflegen, wie z. B. Zucker, taucht. Friſche fadenförmige Algen drehen ſich, in eine ſolche Löſung gebracht, in Folge der Saftanziehung, raſch wie ein Strick zuſammen.

Da die Erkenntniß der wahren Urſachen der Nahrungsmittelaufnahme durch die Pflanzen für die ganze Theorie der Ernährung derſelben von der größten Wichtigkeit iſt, ſo mußten dieſe Verhältniſſe hier ausführlicher beſprochen werden.

Ueber die Lebenskraft.

Zu einer Zeit, wo die Chemie noch wenig entwickelt, und die einzelnen Elementarbeſtandtheile des Erdkörpers noch nicht entdeckt und von einander geſchieden waren; zu ſolcher Zeit konnte man die organiſche Natur (die Thiere und Pflanzen) der unorganiſchen oder lebloſen nicht allein in Anſehung ihrer eigenthümlichen Form, ihrer Entſtehung und Entwickelung, ſondern ebenſo in Bezug auf die conſtituirende Materie, gegenüber ſtellen; und in Folge deſſen von beſonderen organiſchen Kräften, von einer allgemeinen Lebenskraft ſprechen.

Nachdem aber erwieſen, daß die Elementarbeſtandtheile der Organismen nicht verſchieden ſind von denen der unorganiſirten Natur; daß alles Lebendige aus lebloſen Stoffen hervorgeht, und nach dem Tode in dieſelben Verbindungen zerfällt, aus denen es gebildet wurde; da konnte natürlich nicht länger mehr die Rede ſein von einer Kraft, welche die Materie nur ſo lange beherrſcht, als ſie die Formen der

Organismen angenommen. Denn die Kräfte ſind nicht trennbar von der Materie: es giebt in der Natur keine Kraft ohne Materie, wie es keine Materie ohne Kraft giebt. Die einzelnen Eigenſchaften der Körper ſind nur für den trennenden Beobachter da. Durch die Summe ihrer Eigenſchaften erkennen und unterſcheiden wir die einzelnen Stoffe; könnte man daher einem derſelben auch nur eine einzige Eigenſchaft hinzufügen oder nehmen, ſo wäre er dadurch in einen anderen umgewandelt. Wäre der Kohlenſtoff innerhalb der Organismen von anderen Eigenſchaften, von anderen Kräften beherrſcht, als in der unorganiſchen Natur, ſo wäre er darin nicht mehr Kohlenſtoff, ſondern irgend welche andere Subſtanz. Die Naturwiſſenſchaft kennt keine ſolche Umwandlung eines Elementes in das andere. Der Kohlenſtoff, welcher ſoeben ein Beſtandtheil unſeres Körpers, nach einer Stunde ein Beſtandtheil der atmoſphäriſchen Luft, und weiter nach einer Stunde der Beſtandtheil einer Pflanze, und endlich nach Verlauf einer gleichen Zeit wiederum Beſtandtheil eines Thierkörpers ſein kann; dieſer Kohlenſtoff iſt und bleibt überall Kohlenſtoff, was er von Ewigkeit her geweſen und in Ewigkeit bleiben wird. Woher ſollte er in der That auch andere neue Kräfte und Eigenſchaften hernehmen, wo ſollten dieſelben, von ihm wieder getrennt, bleiben? Es giebt keine frei im Weltenraum umherſchwebende Kraft, welche die einzelnen Stoffe ergreift, und aus ihnen die Organismen aufbauet. Die dem Kohlenſtoff, Sauerſtoff, Waſſerſtoff, Stickſtoff und allen übrigen Elementarbeſtandtheilen der Organismen immanenten Kräfte ſind es, welche alles Lebendige bilden und beherrſchen. Von dieſen Kräften geht nach dem Tode der Organismen nichts verloren, wie bei deren Entſtehung nichts hinzugekommen iſt. Wer ſich aber über die Eigenthümlichkeiten der organiſirten Formen im Gegenſatze zu den unorganiſchen wundern will, der möge ſich ebenſogut darüber wundern, daß ein und derſelbe Körper als feſter Kryſtall, als tropfbare Flüſſigkeit und als Gas auftreten kann.

Die Vertheidiger einer eigenen Lebenskraft ſtützen ihre Anſichten hauptſächlich durch die Behauptung, daß es keinem Naturforſcher möglich iſt, eine Pflanze oder ein Thier darzuſtellen, wie er unorganiſche Verbindungen und Kryſtalle darſtellt; und daß ihm dies eben deshalb nicht möglich iſt, weil er die Lebenskraft zu beherrſchen nicht im Stande ſei. Und wenn von der anderen Seite darauf entgegnet worden, daß

es den Chemikern schon gelungen, diesen und jenen Bestandtheil der organischen Natur, selbst aus rein unorganischen Stoffen darzustellen, und es ihnen voraussichtlich mit den übrigen ebenso gelingen werde; so wird dagegen mit Recht eingewendet, daß mit der Darstellung der einzelnen Bestandtheile einer Pflanze noch keineswegs die Pflanze selbst geschaffen sei; daß, wenn es auch vielleicht möglich sein werde, den Zellstoff, die Stärke, den Zucker, die Proteinstoffe ꝛc. herzustellen, es doch sicher nicht gelingen werde, diesen einzelnen Verbindungen die Formen der Pflanzen zu geben, und ihnen das Leben einzuhauchen, die Fähigkeit, sich weiter zu entwickeln und zu vermehren.

Um zu sehen, was es mit jener Stütze der Lebenskraft auf sich hat, haben wir zunächst zu untersuchen, welchen Antheil der Chemiker an der Darstellung der chemischen Verbindungen und deren Krystallisation denn eigentlich habe. Wenn der Chemiker eine Verbindung mehrer Stoffe darstellen will, so setzt er dieselben solchen Verhältnissen aus, unter denen sie sich, wie er aus Erfahrung gelernt, mit einander verbinden; will er die erhaltene Verbindung in Krystallform bringen, so läßt er wieder solche Bedingungen auf dieselbe einwirken, unter denen sie krystallisiren muß. Weiter geht der Antheil des Chemikers an den besprochenen Processen nicht. Die Verbindung der Substanzen erfolgt durch die denselben innewohnenden Kräfte; und die ewige Unwandelbarkeit dieser Kräfte ist es, welche dem Kundigen jeder Zeit ihre Benutzung zu den damit erreichbaren Zwecken möglich macht. Ebenso schnitzt den Krystall nicht der Naturforscher; derselbe ist die vom Wesen der Materie untrennbare Form, die sie jedes Mal annehmen muß, wo die Umstände es erlauben und fordern. Der Naturforscher stellt daher, strenge genommen, die Verbindungen und die Krystalle nicht dar, sondern läßt die Stoffe sich verbinden und krystallisiren; er kann nur die Kräfte der Naturkörper erforschen und benutzen.

Nimmt man nun jene Substanzen, aus welchen sich die Pflanzen bilden, (welche zu der Pflanzenmasse zusammentreten können) und setzt dieselben den erforderlichen Verhältnissen aus, so verbinden sie sich zu organisirtem Pflanzenstoff mit derselben Nothwendigkeit, mit welcher sich eine unorganische Verbindung, ein Krystall unter günstigen Bedingungen bilden. Der Mensch kann also ebensogut organisirte Verbindungen, als unorganisirte darstellen, oder vielmehr sich darstellen

laſſen. Die vermeintliche Lebenskraft iſt ihm ebenſo dienſtbar, wie die unorganiſchen Kräfte. Der einzige Unterſchied liegt nur darin, daß ſich die zur Bildung der Organismen erforderlichen Bedingungen, nicht immer mit derſelben Sicherheit beherrſchen laſſen, als diejenigen, unter denen die unorganiſchen Verbindungen meiſt zu entſtehen pflegen. Manche dieſer letzteren, welche in der Natur vorkommen, künſtlich darzuſtellen, iſt übrigens auch noch gar nicht gelungen; weil man entweder die erforderlichen Verhältniſſe nicht kennt, oder ſie doch nicht herzuſtellen im Stande iſt.

Das Verlangen aber Pflanzen und Thiere in Retorten oder Schmelztiegeln, oder überhaupt unter Verhältniſſen darzuſtellen, unter denen ſie dem Weſen der Dinge nach nicht entſtehen *können*, iſt ebenſo widerſinnig, als es ſein würde zu verlangen, das Eiſen bei einer Temperatur von 100° zu ſchmelzen, oder die Oxalſäure darzuſtellen durch *directe* Vereinigung der Kohle mit dem Sauerſtoffe ꝛc.

Zur Darſtellung von organiſirter Pflanzenſubſtanz iſt allerdings mindeſtens ein Keim, alſo ein ſchon organiſirter Stoff, erforderlich; die Nahrungsſtoffe der Pflanzen können, ſo viel wir wiſſen, unter den jetzt obwaltenden Bedingungen nicht direct zu einem Organismus zuſammentreten. Aber auch die meiſten von den in der organiſchen Chemie abgehandelten Verbindungen können nur aus ganz beſtimmten anderen organiſchen Subſtanzen (deren Urſprung ſtets von Organismen abzuleiten iſt), hergeſtellt werden, und dennoch rechnet ſie ein Jeder zu denjenigen Verbindungen, welche durch die „chemiſchen Kräfte“ dargeſtellt werden, welche der Chemiker „machen“ kann. Wie nun zur Fabrication von Alkohol z. B. der Zucker nothwendig iſt ꝛc.; ſo ſind zur Bildung von Pflanzenmaſſe die im Keime, oder überhaupt in den lebenden Zellen, vorhandenen Verbindungen (neben den Nahrungsmitteln und den übrigen Bedingniſſen) unumgänglich nothwendig. Die Nahrungsmittel *für ſich* können, wie wir geſehen haben, auch ſelbſt *in den lebenden Gewächſen* nicht unmittelbar mit einander zu Pflanzenſtoff verbunden werden; eine ſolche Vereinigung herbei zu führen, vermag alſo auch die vermeintliche Lebenskraft nicht. Weshalb wollte man daher den Verbindungen der in den Pflanzenzellen vorkommenden Subſtanzen mit dem Kohlenſtoff, dem Waſſerſtoff ꝛc. ganz eigenthümliche Kräfte unterſchieben; weshalb wollte man annehmen, daß dem Urkeime bei ſeiner Entſtehung die Lebenskraft beigeſellt worden,

eine Kraft, welche sich seitdem ungeschwächt über eine fast unendliche Masse von unorganischen Stoffen ausgebreitet und sie beherrscht; gleichsam dieselben umrankend, eine ewig fortwachsende Kraft!? Wer sein Gefallen findet an einer mystischen Weltanschauung, mag sich dergleichen Vorstellungen bedienen; die Wissenschaft kennt, um es zu wiederholen, keine Kraft, welche sich einem Stoffe einimpfen, oder von ihm abtrennen ließe.

Wenn man dagegen auf der anderen Seite hört, daß im lebenden Organismus nicht nur die chemischen, sondern auch die physikalischen und physiologischen Kräfte ꝛc. der Körper thätig seien, nach dem Tode aber die Leiber dem chemischen Processe allein anheim fielen: so haben wir wiederum daran zu erinnern, daß es in der Wirklichkeit keine chemischen, physikalischen ꝛc. Kräfte giebt, welche in den Körpern nebeneinander liegend, abwechselnd einzeln in Thätigkeit gesetzt werden könnten. Das Wesen der Dinge ist ein untheilbares Ganze: wo ein Körper eine Wirkung ausübt, da ist er mit seinem ganzen Wesen thätig, mit allen seinen Eigenschaften, welche getrennt nur für den Beobachter existiren, von ihm zurecht gelegt sind. Daß die Substanzen der Leiber nach dem Tode sich zu anderen Verbindungen gruppiren, als während des Lebens, folgt sehr einfach aus den völlig veränderten Stoffen, welche alsdann unter völlig veränderten Verhältnissen auf einander einwirken. Die Substanz der Leiber wird nicht etwa „unter dem Einflusse der Lebenskraft“ auf eine ähnliche Weise conservirt, wie das Fleisch in den Eiskellern. Dieselbe wird überhaupt gar nicht conservirt; sondern ist in steter Zersetzung, in steter Auflösung begriffen, und wird durch die gleichzeitigen Neubildungen wieder ersetzt. Die Entstehung aller chemischen Verbindungen ist abhängig von den auf einander einwirkenden Elementen (den Formen ihrer Verbindungen) und den obwaltenden Bedingungen und Verhältnissen. Nach dem Tode, wo das Einathmen des Sauerstoffes, wo die Circulation des Blutes, wo die Erhaltung der höheren Temperatur ꝛc. aufgehört hat, kommen ganz andere chemische Verbindungen unter ganz anderen Verhältnissen, als während des Lebens, mit einander in Berührung. Daß da auch die Produkte ihrer gegenseitigen Einwirkung ganz andere sein müssen, versteht sich von selbst. Während des Lebens waren die „chemischen Kräfte nicht durch die Lebenskraft paralysirt“, um nach dem Tode über ihre Beute herzufallen. Die Substanz der

Organismen, die Produkte des Stoffwechſels ſind ſowohl chemiſche Verbindungen, wie die Produkte der Verweſung; erſtere werden ebenſowohl durch die wechſelſeitige Anziehung der Elemente erzeugt, als letztere. Auch nach dem Tode ſind die Verbindungen, in welche die Leiber allmälig übergeführt werden, je nach den vorhandenen Bedingungen und Verhältniſſen außerordentlich verſchieden. Nur die Endprodukte der Zerſetzung (Kohlenſäure, Waſſer, Ammoniak) ſind einander gleich. Die ſtickſtoffhaltigen Verbindungen gehen im Körper über in Harnſtoff, und dieſer (mitunter ſchon innerhalb des Körpers) in Kohlenſäure und Ammoniak; außerhalb des Körpers werden am Ende dieſelben Verbindungen erzeugt, nur die Zwiſchenſtufen der Zerſetzung ſind andere. Neben den auf einander einwirkenden Materien ſelbſt ſind es, um es nochmals zu wiederholen, die jedes Mal herrſchenden Verhältniſſe und Bedingungen, welche die Zerſetzung regeln, die Elementarſtoffe zu neuen Verbindungen zuſammentreten laſſen. In dem ſibiriſchen Eiſe ſind die Leiber von Thieren aufgefunden, welche darin Tauſende von Jahren unverſehrt aufbewahrt worden waren: ſie waren unter ſolchen Umſtänden den „chemiſchen Kräften“ vollkommen entzogen, da die Bedingungen zur Bewegung der Stoffe fehlten.

Es iſt bisweilen vorgeſchlagen worden, die Bezeichnung *Lebenskraft* beizubehalten, darunter aber keine eigenthümliche Kraft, ſondern nur die Summe aller im lebenden Organismus thätigen Kräfte der Elementarkörper zu verſtehen; ähnlich wie wir z. B. das Wort *Kryſtalliſationskraft* gebrauchen, ohne dabei an eine beſondere Kraft zu denken. Zur Vermeidung von Mißverſtändniſſen wäre es ſicher wünſchenswerth, die fragliche Bezeichnung gänzlich zu unterdrücken; keinenfalls aber dürfte von der Lebenskraft der *Pflanzen* und *Thiere*, ſondern immer nur von der Lebenskraft der *Stoffe*, welche jene zuſammenſetzen, die Rede ſein; wie wir nicht ſprechen von einer Kryſtalliſationskraft der Kryſtalle, ſondern der Stoffe.

Viele der verwickelten Erſcheinungen des Lebens ſind ſchon auf einfachere, allgemein gültige Naturgeſetze zurückgeführt worden, und wir hoffen gewiß nicht ohne Grund, daß es mit manchen anderen auch bald ebenſo gelingen werde. Wie weit es uns aber möglich ſein wird, in unſerer Erkenntniß vorzuſchreiten, bis zu welchem Grade wir uns dem einfachſten Naturgeſetze werden nähern können, wo wir die Grenzen unſeres Wiſſens finden werden; darüber können wir allerdings heute,

wo wir noch so sehr am Anfange der Forschung stehen, gar keine Ahnung haben. Das soll uns jedoch nicht ablenken von der Bahn der empirischen Forschung, auf welcher wir, wie langsam auch immer, doch fortschreiten, und dem fernen Ziele festen Schrittes entgegengehen. Wir wollen uns nicht selbst zur Unthätigkeit verdammen, oder unsere Unthätigkeit entschuldigen durch das Vorschützen einer unergründlichen Lebenskraft, oder der unerforschlichen Kräfte, welche die Keimung des Samenkornes veranlassen ꝛc.

Vor allen Dingen aber wollen wir uns hüten vor luftigen Speculationen, die ebenso schnell wieder zerrinnen, als sie entstanden. Wenn wir aber gleich dem Wanderer, welcher von jedem neuen Höhenpunkte, den er erreicht, hinausschaut nach dem Ziele, und die Entfernung überlegt, welche ihn noch von demselben trennt, und die Wege, die er einzuschlagen; wenn wir so nach jeder neu entdeckten Thatsache, welche strahlendes Licht wirft in vormalige Finsterniß, im Geiste hinüberblicken nach dem ersehnten Ziele; erwägen, wie weit wir ihm näher gerückt, und versuchen, eine Brücke hinüberzulegen: so wollen wir nicht vergessen, daß damit in der That die fehlende Strecke Weges noch nicht zurückgelegt ist, daß fernere Untersuchungen zu zeigen haben, ob sich die dem Geiste vorschwebende Brücke auch wird bauen lassen auf eherne Pfeiler der Thatsachen.

Der Ackerboden.

Ueber die Entstehung des Ackerbodens.

Ueber die Entstehungsweise unserer Erdkugel kann natürlich mit Sicherheit nichts berichtet werden. Die Beobachtung nebeliger, in dem Weltenraume kreisender Dunstmassen, welche bisweilen in ihrem Innern einen leuchtenden Centralkörper enthalten, hat zu der Annahme geführt, daß auch unser Sonnensystem einstmals eine solche Dunstmasse darstellte, aus welcher sich allmälig die centrale Sonne und die Planeten mit ihren Monden als feste Körper ausschieden. Bei dieser Zusammenziehung mußte offenbar, wie bei jeder Condensation, eine sehr bedeutende Temperatur frei werden, welche hinreichte, die Massen im feurigen Flusse zu erhalten.

Wie dem auch sein mag, so viel lehrt die Beobachtung ganz unzweideutig, daß sich unser Erdkörper zu irgend einer Zeit in geschmolzenem Zustande befunden haben muß. Während dieser Zeit konnte das specifische Gewicht der verschiedenen Stoffe einen Einfluß auf ihre Lagerung ausüben: die schweren Metalle werden den innersten Kern eingenommen haben, darüber wurden die leichteren Metalle gelagert, dann die Erden und endlich die Alkalien auf der äußersten Oberfläche. Die Atmosphäre enthielt natürlich zu jener Zeit außer den permanenten Gasen noch alle jene Stoffe, welche bei der herrschenden Temperatur Gasform anzunehmen gezwungen waren; sie mußte so eine Zeit lang Alkalien und selbst Metalle in sich aufgenommen haben.

In der feurig flüssigen Masse aber ordneten sich die einzelnen Bestandtheile nicht allein nach den Gesetzen der Schwere, sondern auch

nach denjenigen der chemischen Anziehungskraft. Es bildeten sich die verschiedenen Mineralien, welche sich beim Erkalten, je nachdem dasselbe langsamer oder rascher vor sich ging, in größeren oder kleineren Krystallen ausschieden. So entstanden, als eine Mischung der verbreitetsten Mineralien, die krystallinischen Gesteine, Granit, Syenit, Porphyr 2c., auch plutonische Gesteinsarten genannt.

Wenn geschmolzene Substanzen in den festen Zustand übergehen, ziehen sie sich bekanntermaßen zusammen. Die erstarrte Kruste der sich abkühlenden Erdoberfläche mußte daher an verschiedenen Stellen Risse und Sprünge bekommen, durch welche die darunter liegende flüssige Masse, vermöge des auf sie ausgeübten Druckes, hervorquoll. Die Größe dieser Risse und die Mächtigkeit der durch sie emporsteigenden flüssigen und breiartigen Masse mußten natürlich mit der Dicke der fest gewordenen oberen Schicht zunehmen. So entstanden die ersten Unebenheiten auf dem Erdkörper, die ersten Gebirge.

Bis dahin zeigte die Erdkugel rings umher eine feste krystallinische und glasige Beschaffenheit; es mochten bei den verschiedenen Eruptionen einzelne kleinere oder größere Bruchstücke von Felsen abgetrennt worden sein, aber eigentliche Erde oder Sand fehlte noch vollkommen. Die ausgedehnte und weiter gehende Zerstörung und Zerkleinerung der Gesteine begann erst von dem Augenblicke an, wo die Temperatur der Erde so weit gesunken war, daß das bis dahin dampfförmige Wasser sich in tropfbar flüssiger Gestalt aus der Atmosphäre niederschlagen konnte. Die Unebenheiten der Erdoberfläche waren damals noch nicht so bedeutend als jetzt. Das Wasser sammelte sich auf der ganzen Kugel ziemlich gleichmäßig in weiten Seen an, welche gegen einander begrenzt wurden durch die den Spalten entquollenen Hügel und Bergrücken. Wenn nun die Oberfläche wieder an irgend einer Stelle einen Riß bekam, so drang das Wasser augenblicklich in ihn ein, und traf auf die glühend emporsteigende Masse. Die Folgen dieses Zusammentreffens wird sich ein Jeder leicht ausmalen können. Die heftigsten Explosionen mußten die, schon durch die plötzliche Abkühlung vielfach zerklüfteten und zersprungenen Gesteinsmassen in große Trümmer- und Schutthaufen verwandeln, welche von den, durch solche Vorgänge stürmisch bewegten, Gewässern noch mehr zerkleinert und bis zu einer großen Entfernung fortgeführt wurden. Nach eingetretener Ruhe war der Boden des Wassers mit einer Schicht von kleinen Steinen,

Erde und Schlamm bedeckt, welche durch die, sich in gleicher Weise rasch wiederholenden Processe bald bis zu einer nicht unbedeutenden Mächtigkeit anwachsen mußte.

Wenn später durch die erhöhte vulcanische Thätigkeit die Gestalt der Erdoberfläche sich mannigfach veränderte, wurden gewiß ausgedehnte Wasserbecken hoch über das vormalige Niveau erhoben. Durch eine darauf in der Seitenwand geöffnete Spalte stürzten die Wasser mit furchtbarer Gewalt hinab; und zerstörten die betroffenen Felsmassen, deren Trümmer sie mit sich führend, erst nach Herstellung des Gleichgewichtes in dem neuen Bassin absetzten. Der alte trocken gelegte Grund des Wassers aber stellte nun eine sandige und erdige Ebene dar.

So lagerten also die aus den zerstörten Gesteinen gebildeten Erdmassen vorzugsweise auf dem Grunde der Gewässer. Durch Hebung des Bodens wurden sie trocken gelegt. Dies geschah aber häufig erst, nachdem sich die einzelnen Bruchstücke wieder mit einander verkittet, und so zum andern Male eine, aus Trümmern der plutonischen Felsarten entstandene, zusammenhängende Steinmasse gebildet hatten. Man nennt solche Gesteine *neptunische*, oder *geschichtete*, weil sie aus den Gewässern schichtenweise abgelagert und über einander angehäuft worden. Sie sind durch die Hebungen, welche sie trocken legten in der Neigung, welche sie ursprünglich gegen den Horizont einnahmen, bedeutend verändert; meist umgeben sie das hebende plutonische Gestein als ein mehr oder weniger steil abfallender Mantel. Da die geschichteten Felsen zum großen Theile eine weit weniger zusammenhängende und feste Masse darstellen, als die plutonischen, so werden sie natürlich auch viel leichter wiederum zerstört, als diese.

Die Zertrümmerung der Felsen wird aber nicht allein durch mechanische Kräfte, sondern auch durch langsam fortschreitende *chemische* Zersetzung bewirkt. Der härteste Stein widersteht auf die Dauer den Einwirkungen der Atmosphärilien nicht; seine Oberfläche verliert das glasige und krystallinische Ansehen, und überzieht sich mit einer amorphen Schicht, welche, leicht zerreiblich, vom Wasser fortwährend weggespült wird. Man bezeichnet diese langsam fortschreitende Zersetzung mit dem allgemeinen Namen der *Verwitterung*. Die Zeit, welche für die Verwitterung der Felsarten erfordert wird, ist sehr verschieden, und hängt nicht allein von der chemischen Zusammensetzung, sondern ebenso von der Structur ab. Aus Granit gehauene Denk-

mäler, deren Alter man auf 3000 Jahre schätzt, bieten noch heute eine vollkommen unversehrte Oberfläche dar; während andere Granite schon in wenigen Jahren zu verwittern beginnen. Namentlich ist es in ihnen der Feldspath, dessen Zersetzung in kurzer Zeit zu erfolgen pflegt. Kohlensäure ist eine verhältnißmäßig schwache Säure, aber dennoch widerstehen der fortdauernden Einwirkung derselben, im Verein mit derjenigen des Wassers, selbst nicht die härtesten kieselsauren Verbindungen der Mineralien; und am wenigsten diejenigen, welche alkalische Basen in größeren Mischungsverhältnissen enthalten. — Der kohlensaure Kalk wird bekanntlich ziemlich leicht und schnell von kohlensäurehaltigem Wasser aufgelöst. Die sogenannten Tropfsteinhöhlen werden dadurch gebildet, daß die ihre obere Decke durchsickernden Wasser auf ihrem Wege den vorhandenen kohlensauren Kalk auflösen, und denselben auf dem Boden der Höhle nach dem Verdunsten wieder absetzen.

In den ersten Zeiten nach der Bildung der Erdkugel waren die Verhältnisse für die Verwitterung der Felsen weit günstiger, als sie es jetzt sind. Die mit Wasserdämpfen und Kohlensäure stark geschwängerte Atmosphäre mußte bei der herrschenden hohen Temperatur ungemein zerstörend auf die Oberfläche der Felsen einwirken. Die häufigen und gewaltigen Regengüsse rissen die Produkte der Zersetzung beständig mit sich fort, und beraubten die unversehrten Felspartien ihrer schützenden Decke, fortwährend eine frische Oberfläche den zerstörenden Einflüssen darbietend.

Die in den kürzesten Zwischenräumen sich wiederholenden furchtbarsten vulcanischen Ausbrüche, vermehrten die Erd- und Schuttmassen durch die ausgeworfenen Aschen.

Als die Temperatur des Erdkörpers hinreichend gesunken, die Ruhe einigermaßen hergestellt, und die Gewässer sich in weiten Becken angesammelt hatten, beladen mit den Salzen, welche sie den zersetzten Gesteinen entzogen; da entstanden, in den Felstrümmern wurzelnd, die ersten Pflanzen und bald darauf, durch sie genährt, die ersten Thiere. Von beiden Reichen zunächst diejenigen Formen, welche wir jetzt als auf der niedrigsten Stufe der Entwickelung stehend betrachten: Schachtelhalme, riesige Farrenkräuter, Cycadeen; und auf der anderen Seite Seeigel, Seesterne, Polypen, Muscheln und Schnecken. In Zwischenräumen, welche nur nach Millionen von Jahren gemessen werden können, entwickelten sich dann, allmälig zum höher Organisirten

aufsteigend, die Reihen der Pflanzen und Thiere bis zum Menschen, als dem jüngsten Geschöpf der Erde. Von dem einstigen Dasein der verschiedenen lebenden Wesen erhalten wir Kunde durch deren feste, schwer zerstörbare Ueberreste, Schalen und Knochen, welche in dem Schlamm und Schutt begraben, heute in den daraus gebildeten Steinschichten aufgefunden werden,

Die Pflanzen absorbirten die Kohlensäure der Atmosphäre, und lieferten nach ihrem Absterben die Humustheile, welche sich der Erde beimischten, und auf solche Weise die Entstehung der Dammerde veranlaßten. Wo an den Ufern der Seen die üppigste Vegetation viele Generationen von Pflanzen über einander anhäufte, unter Bedingungen, welche die fortschreitende Zersetzung der abgestorbenen hinderten, da entstanden die Steinkohlen- und Braunkohlenlager.

Die Physiognomie der Erde hat sich im Laufe der Zeit vielfach geändert. Erhabene Länder wurden gesenkt und unter Wasser gesetzt; Meeresgrund wurde gehoben und trocken gelegt. Diese Vorgänge haben sich häufig wiederholt, bis Meer und Land die ihnen jetzt angewiesenen Grenzen einnahmen. Daher kommt es, daß die über einander liegenden neptunischen Gesteinsschichten sich sowohl durch die Beschaffenheit ihrer Masse selbst, als durch die von ihnen eingeschlossenen Ueberreste lebender Wesen von einander unterscheiden. Einige der geschichteten Gesteine lassen das Wasser durchsickern, andere halten es auf ihrer Oberfläche zurück. Durch solche Ungleichheiten wird das Entstehen der Quellen bedingt.

Die Zerstörung der Felsen dauert auch in der jetzigen Zeit, wenngleich weniger gewaltsam, als in den ersten Perioden der Erdbildung, so doch unaufhaltsam fort. Die Steine zerstückeln und verwittern fortwährend; die Bäche und Flüsse nehmen nicht allein die Zersetzungsprodukte auf, sondern wirken selbst durch die Macht ihres Falles zerstörend auf das durchströmte Bett; indem die fortgeführten größeren und kleineren Gesteinstrümmer den Grund und die Wände, an denen sie vorbeigeführt werden, ritzen und zerreiben. Je größer die Schnelligkeit des Flusses, desto größer ist auch die Masse, welche durch ihn fortgeführt werden kann, desto größer also die Quantität der zerstörenden Werkzeuge, und die Kraft, mit welcher sie wirken. Wenn die Schnelligkeit nachläßt, hören die fortgeführten Steintrümmer auf, bewegt und getragen zu werden; sie fallen allmälig zu Boden,

und zwar im Verhältnisse zu ihrer Masse verschieden schnell, d. h. die größten und schwersten zuerst, und so weiter die leichteren in dem Maße, als die Geschwindigkeit, also die bewegende Kraft, sich vermindert. Ein nicht unbedeutender Theil der in Suspension getragenen erdigen Stoffe wird bis zur Mündung der Flüsse fortgeführt, und erst vor derselben abgesetzt. So bauen sich die Flüsse vor ihrer Mündung selbst einen hindernden Damm, welcher sie zwingt, sich in mehre Arme zu theilen. Auf diese Weise entstehen die sogenannten Delta's, von denen das bekannteste das Nildelta, die größten aber diejenigen des Mississippi und des Ganges sind. Die Mündungen der Flüsse werden dadurch, daß sie die Länder weiter ins Meer hinausbauen, selbst weiter vorgerückt. Städte, welche zur Zeit des Alterthums unmittelbar an der Meeresküste lagen, sind jetzt schon meilenweit davon entfernt. Der Ganges ist auf solche Weise über 40 Meilen weit vorgerückt, oder hat, was dasselbe bedeutet, eine so bedeutende Ländermasse durch seine fortgeführten Erdtheile gebildet. Man wird diese Thatsache nicht mehr wunderbar finden, wenn man bedenkt, daß die vom Ganges in Suspension getragenen festen Stoffe $2\frac{1}{2}$ Procent betragen; und die Quantität Wasser, welche er in der Secunde ins Meer ergießt auf 500000 Kubikfuß berechnet worden ist. Die Masse des täglich abgelagerten Sedimentes beträgt darnach 1,440,000,000 Centner. Der Nil überschwemmt bekanntlich alljährlich einmal den angrenzenden Länderstrich. Da seine Geschwindigkeit mit der größeren Ausdehnung des Bodens abnehmen muß, so läßt er einen Theil der suspendirten Stoffe fallen, und erhöht auf diese Weise das Land. Die Mächtigkeit dieser Anschwemmungen beträgt den angestellten Beobachtungen zu Folge während eines Jahrhunderts $4\frac{1}{2}$ bis 6 Zoll. Historische Denkmäler sind dadurch 18 bis 20 Fuß hoch verschüttet. Die Sedimente des Nil's bestehen aus röthlichem Schlamm, vermischt mit gröberen Sandkörnern; sie enthalten so beträchtliche Mengen von nährenden Stoffen, daß, so weit die Ueberschwemmungen reichen, das Land alle Jahre, ohne weiter gedüngt zu werden, reichliche Ernten liefert. Meilenweit von der Mündung des Nil's entfernt, holt man aus dem Meeresgrund noch denselben Schlamm herauf.

Diejenigen Flüsse, welche sich in Meere mit Ebbe und Fluth ergießen, bilden keine Delta's, wenn nicht die Masse der fortgeführten Stoffe, wie beim Ganges, unverhältnißmäßig groß ist. Wie die perio-

dischen Anschwellungen des Meeres auf die Ablagerung der Sedimente wirken, auseinander zu setzen, würde hier zu weit führen; als Beispiel kann die Mündung der Elbe dienen.

Daß die lehmigen und thonigen Substanzen im Allgemeinen sehr leicht und lange vom Wasser in Suspension erhalten werden können, ist bekannt: die Reinigung des Thons vom Sande durch den Schlemmproceß beruht auf jenem Verhältnisse. Die feinen Kalktheilchen verhalten sich dem Thon ähnlich. Daraus geht hervor, daß die Thon- und Kalktheilchen durch die Flüsse am weitesten ins Meer hineingeführt werden; während der Sand dagegen der Mündung am nächsten abgelagert wird, und zwar im Verhältniß der Größe seiner Körnung näher oder ferner. Auf diese Weise werden zunächst neben einander liegende Schichten von grobem Sand, von feinkörnigem Sand und von Thon und Kalk gebildet. Wenn die Flüsse nun im Frühjahr anschwellen, und ihr Wasser mit größerer Geschwindigkeit ins Meer ergießen, werden sämmtliche Sedimente weiter hinausgeführt; so daß jetzt an den Stellen, wo früher die Thontheile abgelagert wurden, erst der Sand niederfällt. Die Folge davon ist, daß sich, regelmäßig abwechselnd, über einander liegende Schichten von Thon (und Kalk), feinem und grobem Sande bilden. Eine ähnliche Reihenfolge wird durch das Vorrücken der Mündung ebenfalls erzeugt. Berühren die Flüsse zur Zeit des Hochwassers Gegenden, deren Boden aus anderen Gesteinen besteht, als diejenigen sind, über welche der Lauf während der übrigen Jahreszeit führt; so können dadurch periodisch eigenthümliche Schichten auf den Meeresgrund abgelagert werden. — Das Gesagte mag genügen, um die Entstehung der abwechselnden Erdschichten, wie sie uns täglich im Ackerboden entgegentreten, zu veranschaulichen.

Zu der fortdauernden Zerstörung der Felsen tragen die Gletscher in nicht geringem Grade bei. Ihr ganzer Lauf ist mit Steinstücken bedeckt, welche durch die Gewalt des in die Risse der angrenzenden Felsen eingedrungenen und später gefrorenen Wassers abgesprengt und losgetrennt wurden. Die Gletscher schreiten, einem trägen Flusse zu vergleichen, unaufhaltsam vor; und wie sie durch ihre Masse, und besonders durch die eingeschlossenen Steinfragmente abreibend auf die Felswände wirken, lehrt der flüchtigste Blick. Der unten im Thale aus dem schmelzenden Gletschereis entspringende Gletscherbach ist voll-

kommen undurchsichtig durch die großen Quantitäten von Sand und Schlamm, welche er mit sich führt, und die aus den vom Gletscher zerriebenen Felsen gebildet sind.

An den Polen der Erde dringen die mächtigen Gletscher bis unmittelbar ins Meer hinein vor. Die sich ablösenden Eisblöcke führen, mit dem Meeresstrom dem Aequator zu schwimmend, größere und kleinere Felsstücke mit sich. In wärmeren Gegenden angelangt, lassen sie, allmälig schmelzend, die Steine zu Boden fallen. Wenn dieser Meeresgrund sich später über das Niveau des Wassers erheben sollte, sei es durch die fortdauernde Anhäufung der Sedimente, oder durch vulcanische Thätigkeit; wird sich der Mensch wundern über die Gegenwart der Felsstücke, welche, von fremdartigem Aussehen, mit keinem Gestein der benachbarten Gebirge übereinstimmen; ebenso wie die Bewohner des nördlichen Deutschlands sich jetzt wundern über die auf ihren Boden ausgestreuten sogenannten erratischen oder Findlingsblöcke, welche weder vom Harz, noch vom Erzgebirge oder Riesengebirge stammen können, aber den Felsarten Schwedens vollkommen gleich sind. Sie wurden in vormenschlichen Zeiten auf ähnliche Weise durch Gletscher und schwimmende Eisblöcke herübergebracht.

Wie der Fluthstrom und die Brandung zerstörend auf die Felsen der Ufer einwirken, ist Jedem klar, welcher das Meer beobachtet; welcher erfahren, wie einige bekannte Inseln der Nordsee so sehr bedeutend an Umfang abgenommen haben, und noch alljährlich unter unseren Augen abnehmen.

Die erdigen, unverbrennlichen Bestandtheile des Ackerbodens stammen also von den Felsen ab, sind nichts weiter als zertrümmerte Mineralien; die verbrennlichen, humosen Bestandtheile sind Zersetzungsprodukte organisirter, und zu allermeist pflanzlicher Substanzen. Sie konnten natürlich nicht schon gleich bei der Bildung der Erdkugel vorhanden sein, da ihre Existenz mit der damals herrschenden hohen Temperatur nicht vereinbar ist; sondern haben sich erst allmälig gebildet und angehäuft. Der Kohlenstoff, welcher Anfangs in Verbindung mit Sauerstoff, als Kohlensäure einen Bestandtheil der Atmosphäre ausmachte, ging durch die Pflanzen nach und nach in festen Verbindungen in den Ackerboden über. Heut zu Tage sind es in dem bebauten Ackerboden die Stoppeln und Wurzeln, und der zugeführte Dünger; in dem Walde die abgefallenen Blätter, und die unter dem Schatten

der Bäume wachsenden Pflanzen; in den uncultivirten Gegenden, den unbeweideten Angern und Mooren, dem Urwalde ꝛc. ist es die ganze Masse der fortwährend absterbenden Pflanzen, welche das Material zur Humusbildung liefern.

Die Bildung der sogenannten Dammerde durch Vermischung der humosen Substanzen mit den mineralischen liegt offen zu Tage; dagegen wird es nicht überflüssig sein, der Entstehungsweise mächtiger Lagen von reinen, in verschiedenen Zersetzungszuständen befindlichen Pflanzenstoffen, wie sie in ausgedehnten Massen unter den Namen: Torfmoore, Sümpfe, Moorwiesen, Brücher ꝛc. vorkommen, in der Kürze zu gedenken.

Wer Gelegenheit gehabt hat, die größeren und kleineren Landseen und Teiche, welche namentlich einige Gegenden Norddeutschlands in sehr großer Anzahl anfüllen, aufmerksamer zu beobachten; dem wird eine gewisse, überall wiederkehrende Regelmäßigkeit in der Anordnung und Verbreitung der Pflanzen in ihnen nicht entgangen sein. Vor allen wird er einen dichten Kranz von Binsen (scirpus lacustris) in einer gewissen Entfernung vom Ufer, dessen Windungen er im Allgemeinen folgt, bemerkt haben. Die Entfernung desselben vom Ufer ist bei verschiedenen Seen, und auch an verschiedenen Stellen eines und desselben Sees sehr ungleich; und ebenso ungleich ist die Breite des Binsengürtels. Bei genauerer Betrachtung wird man finden, daß diese Abweichungen durch die Tiefe des Wassers bedingt werden: die Binsen wachsen nur in einer zwischen bestimmten Grenzen liegenden Wassertiefe, deren Mittel vielleicht 5 Fuß betragen mag. Ist die Neigung des Seegrundes vom Ufer nur gering, ist also, wie man sagt, ein bedeutendes Vorland vorhanden, so werden die Binsen in größerer Entfernung vom Lande angetroffen werden; dagegen in um so geringerer, je steiler der Ufergrund abfällt. Die Breite des Gürtels hängt von denselben Ursachen, von der Breite, welche die bezeichnete Wassertiefe einnimmt, ab. Die Binsen brechen nach dem Winter mit dem Eise, also dicht unter der Oberfläche des Wassers ab; die unter Wasser befindlichen, zwar abgestorbenen, Theile bleiben noch mehrere Jahre stehen, und zwischen ihnen wachsen im Frühjahr die neuen Pflanzen hervor. Dadurch wird eine ziemlich dichte Wand gebildet, welche den landwärts gelegenen Theil des Sees von dem übrigen trennt. Die ans Land getriebenen Substanzen, die Pflanzenüberreste, der Sand

und Schlamm, welchen die Brandung vom Ufer ablöst, werden von jener Binsenwand aufgehalten, und können nicht weiter seewärts geführt werden. Auf solche Weise wird allmälig eine Verflachung des Vorlandes herbeigeführt, und der Grund desselben durch sich zersetzende Pflanzenüberreste an Humus bereichert. Diese Umstände veranlassen bald die Entstehung anderer Pflanzen, welche unter dem, durch den Binsengürtel gewährten Schutz üppig und in rasch zunehmender Anzahl emporwachsen. Andere Binsenarten, Rohr, Schilf, Kalmus, Nympheen und eine Reihe anderer Wasserpflanzen bedecken nach und nach das Vorland. Der Schutz vor Stürmen ist für dieselben eine wesentliche Bedingung; das Auftreten und das Wachsthum der Pflanzen schreitet am schnellsten vor in Buchten, welche in bewaldetes Uferland einschneiden. Die Ueberreste dieser alljährlich absterbenden Vegetabilien können, wie schon angegeben, nicht in den See hineingetrieben werden, sondern häufen sich auf dem Grunde des von der Binsenwand abgeschnittenen Theiles an und erhöhen den Boden allmälig durch humose Substanzen. In demselben Maße, wie diese Anhäufung fortschreitet, vermehren sich die Pflanzen, indem sich immer neue Arten hinzugesellen. An besonders geschützten Orten zeigt sich alsdann die aloeartige Wasserscheere (stratiotes aloïdes, auch Säkel oder Säkelkohl genannt); und mit ihrem Erscheinen beginnt eine schneller vorschreitende Ausfüllung des betreffenden Seeabschnittes. Jene Pflanzen, welche auf dem Wasser schwimmend und dicht an einander gedrängt, sich ziemlich rasch verbreiten, und alljährlich eine größere Fläche bedecken, versenken fort und fort nicht nur die abgefallenen Blätter, sondern auch die ganzen Pflanzen, indem sich darüber rasch eine neue Generation entwickelt. Wenn die Ausfüllung und Verflachung auf solche Weise einen bestimmten Grad erreicht hat, erscheinen bald schilfartige Gräser und Schnittgräser, welche zu fest verbundenen Gruppen (sogenannten Bülten) häufig in kleinen Zwischenräumen zerstreut auftreten. Diese einzelnen Gruppen werden darauf durch ein eng verschlungenes Geflecht von Dreiblatt (menyanthes trifoliata) mit einander verbunden, welches eine feste Brücke über grundlose Partien herstellt. Darüber entwickeln sich nach und nach die verschiedenen Wassergräser, und die Wiese ist fertig. Diese hier beschriebenen Vorgänge nehmen vom Ufer ihren Anfang, und schreiten allmälig weiter seewärts vor, bis an den erst erwähnten Binsengürtel. Solche schon fertig gebildete, von den Ufern ausgehende

und durch Binsen begrenzte Wiesen beobachtet man überall an den Seen, besonders in den mehr geschützten Einbuchtungen derselben.

Es versteht sich von selbst, daß die Bildung dieser Wiesen nicht überall auf die hier beschriebene Art und Weise, besonders was die Reihenfolge der auftretenden Pflanzen anbetrifft, vor sich geht; man wird sie jedoch häufig genau so beobachten. Immer aber sind es die abgestorbenen Pflanzen und Pflanzentheile, welche die fortschreitende Erhöhung des Bodens eines Sees (oder sonstigen Wassers) in einer, der beschriebenen ähnlichen Weise herbeiführen.

Wenn die neu gebildete Wiese das Niveau des Wassers erreicht hat, oder sich etwas darüber erhoben, so gesellen sich den Gräsern bald die verschiedenen Moosarten (sphagnum, hypnum) bei, welche um so mehr wuchern, je ungünstiger, bei dem sich ansammelnden fauligen Wasser, die Verhältnisse für die Vegetation der übrigen Pflanzen werden. Auch sie sterben fortwährend unten ab, und wachsen auf den abgestorbenen Theilen um so kräftiger fort. Wo die Moose am üppigsten gedeihen, erhöhen sich die Wiesen (oder vielleicht richtiger die Moorgründe) am schnellsten. Diese Erhöhung dauert so lange fort, bis mit der abnehmenden Feuchtigkeit die Vegetation allmälig immer geringfügiger wird; und am Ende die nicht mehr von deckendem Wasser geschützten abgestorbenen Pflanzentheile in demselben Maße vollständig zersetzt und aufgelöst werden, als die lebenden Pflanzen nachwachsen und Humus liefern.

Wenn die Moore sich einen Fuß und mehr über dem Niveau des Wassers erhoben, siedeln sich in ihnen unter günstigen Umständen Sträucher und Bäume an, unter denen vor allem am häufigsten die Ellern auftreten. Sie vermehren einerseits durch die abgefallenen Blätter die Masse des Bodens; und rufen andererseits durch die Beschattung und den von dem Laube heruntertraufenden Thau unter sich eine kräftige Vegetation hervor, welcher das Moos häufig vollständig weichen muß. Man nennt solche mit Ellern und anderen Bäumen und Strauchwerk bestandenen Moore gewöhnlich Brücher. Sie bilden sich vorzüglich in verlassenen Bächen und Wasserläufen; da die Bäume besser gedeihen, wenn sie ihre Wurzeln in den Bachsand hineintreiben können.

Die Torfmoore werden hauptsächlich durch ein eigenthümliches Moos, das sogenannte Torfmoos (sphagnum palustre) gebildet. Sie

kommen nicht allein in einer außerordentlich großen Ausdehnung vor, sondern erreichen auch häufig eine Mächtigkeit von 30 bis 40 Fuß. Der sogenannte schreckliche Sumpf in Virginien und Nord-Carolina hat eine Länge von 10, und eine Breite von 7 bis 8 Meilen.

Unsere Moorwiesen erhöhen sich, trotz der ihnen genommenen Schnitte, wenn sie feucht genug gelegen sind, nicht unbedeutend. In einem Falle, wo die Umstände eine genaue Beobachtung zuließen, hatte sich eine Wiese, welche zwei Mal im Jahre gemähet wurde, und durchschnittlich einen Fuß über dem Wasserspiegel lag, innerhalb 20 Jahren um 3 Zoll erhöht. Sie war übrigens nicht frei von Moos.

Schließlich muß noch auf den Antheil hingedeutet werden, welchen die niedrigsten Thierklassen an der Bildung des Erdbodens nehmen. In den stehenden Gewässern erzeugen sich eine Unzahl von Infusorien, welche nach dem Tode ihre festen Panzer, bestehend aus Kieselerde, Eisen oder Kalkerde, auf dem Boden anhäufen. So werden feinkörnige Erdmassen von kaum glaublicher Ausdehnung gebildet. In früheren Epochen wurde auf diese Weise alle Kreide gebildet, welche zu mächtigen Bergen angehäuft ist. Und man wird sich schwerlich eine Vorstellung machen können von der Zahl dieser mikroskopischen Thiere, welche erforderlich war, um durch ihre kalkigen Ueberreste, die noch unter dem Mikroskope deutlich erkannt werden können, solche ungeheuren Massen aufzuthürmen. Das Material zu diesen Bildungen war ursprünglich im Wasser gelöst, und durch Vermittelung der Thiere wieder in die feste Form übergeführt.

In ähnlicher Weise bauen die Polypen ausgedehnte Kalkmassen in Form ihrer Korallenstöcke auf. Sie geben freilich allerdings weniger Veranlassung zur Vermehrung der erdigen Massen, als zur Felsbildung. In der Südsee aber finden sich auch häufig aus Korallenstöcken aufgebaute Inseln, auf deren, durch die Wirkung der Brandung, zertrümmerten Oberfläche Palmen und andere Pflanzen wachsen.

In unseren süßen Gewässern bilden sich auch Lager von kohlensaurem Kalk durch Pflanzen; namentlich durch die chara foetida (Post), welche, wo sie üppig vegetirt, durch ihre jährlich absterbende Masse eine nicht unbedeutende Menge von Kalk auf den Boden ablagert.

Ueber die Zuſammenſetzung des Ackerbodens.

Da die feuerfeſten Beſtandtheile der Ackererde aus der Zerſetzung und Zertrümmerung der Felſen hervorgegangen ſind, ſo verſteht es ſich von ſelbſt, daß dieſelben in ihrer Zuſammenſetzung in naher Beziehung ſtehen zu den Mineralien der Felsarten, denen ſie ihre Entſtehung verdanken. Die verbreitetſten Mineralien ſind der Quarz und die Feldſpathe, denen ſich der Glimmer, ſchon mehr zurücktretend, anreiht.

Der Quarz beſteht aus Kieſelſäure, einer ſehr feſten und beſtändigen Verbindung von Kieſel mit Sauerſtoff, welche ſehr ſchwierig in ihre einzelnen Beſtandtheile zerlegt werden kann, und auch bei der gewöhnlichen Temperatur ſich mit den Baſen nicht verbindet. Der Quarz unterliegt daher keiner Verwitterung; er wird aber durch die im vorangehenden Abſchnitte beſprochenen mechaniſchen Kräfte zertrümmert und in kleinere und größere Körner verwandelt; er liefert auf dieſe Weiſe den allbekannten Quarzſand. Die Pulveriſirung ſchreitet jedoch wegen der Härte des Quarzes nur ſo weit vor, daß man die einzelnen Körner noch mit bloßen Augen erkennen kann. Dieſe werden deshalb vom Waſſer nicht leicht in Suspenſion erhalten, und fallen ſchnell wieder zu Boden.

Der gewöhnlichſte Feldſpath beſteht aus kieſelſaurem Kali und kieſelſaurer Thonerde. Er iſt beſonders leicht zur Verwitterung geneigt; und widerſteht der Einwirkung von Kohlenſäure und Waſſer nicht lange. Bei ſeiner Zerſetzung bilden ſich lösliche Kaliſalze, kohlenſaures und lösliches kieſelſaures Kali, welche durch das Waſſer fortgewaſchen werden; und auf der anderen Seite eine Verbindung von Kieſelſäure und Thonerde, welche wir Thon nennen. Dieſe Verbindung kommt jedoch in der Natur nicht rein vor, ſondern ſtets mit Kieſelerde gemiſcht, von welcher ein Theil von dem zerſetzten Feldſpath ſelbſt herrührt, der andere aus Quarzſand beſteht. Je geringer die Quantität Kieſelerde und Sand, welche mit dem Thon gemengt iſt, in deſto höherem Grade beſitzt das Gemenge die Eigenſchaften der Zähigkeit und der Plaſticität: der Thon iſt alsdann fett, wie der Töpferthon; während der mit

vielem Sande vermischte ein magerer, oder Lehm genannt wird. Die gelbe und röthliche Färbung des Lehms und Thons rührt von Eisenoxyd her, welches auch schon in dem unzersetzten Feldspath vorhanden war; der blaue Thon aber verdankt seine Farbe dem Eisenoxydul. An der Luft wird dieses zu Eisenoxyd oxydirt, und deshalb findet man den blauen Thon fast immer unter einer Schicht gelben oder rothen. Die blaue Farbe ist übrigens meist ein Beweis von sehr großer Fettigkeit; denn im entgegengesetzten Falle würde der Sauerstoff den Thon leicht durchdringen und oxydiren, wenn ihn nicht etwa die eigenthümliche Lagerung davor schützen sollte. Es giebt blauen Thon, von dessen glatter Oberfläche das Wasser abläuft, wie von den Fetten.

Der Thon befindet sich im Zustande äußerster Zerkleinerung; er bleibt lange im Wasser suspendirt, und kann deshalb durch den Schlemmproceß vom Sande getrennt werden. Aehnlich verhält sich der fein pulverisirte kohlensaure Kalk, und deshalb findet man in der Natur häufig Thon mit Kalk zusammen abgelagert. Man nennt diese Mischung Mergel.

Außer dem gewöhnlichen Kalifeldspath finden sich noch Feldspathe, in denen das Kali durch Natron oder durch Kalk vertreten ist. Die Natronfeldspathe geben ebenfalls zur Bildung von Thonlagern Veranlassung; die Kalkfeldspathe zersetzen sich dagegen ungleich schwieriger, und können, da sie nur sehr wenig Thonerde enthalten, keinen Thon liefern.

Der Glimmer besteht ebenfalls hauptsächlich aus Kieselsäure, Thonerde und Kali; enthält dieselben aber in ganz anderen Mischungsverhältnissen als der Feldspath. Namentlich findet sich in ihm bedeutend mehr Thonerde. In einigen Varietäten ist ein Theil derselben und des Kali, durch Magnesia und Eisenoxyd vertreten. Der Glimmer läßt sich leicht in sehr dünne Blättchen spalten, und ebenso leicht zerbröckeln und zerreiben. Da er außerdem der Verwitterung mehr widersteht, so findet er sich in kleinen dünnen Blättchen sowohl dem Thon, als dem Sand beigemengt. Durch Verwitterung geht er in ähnliche Verbindungen über, wie der Feldspath.

Aus Quarz, Feldspath und Glimmer sind die verbreitetsten krystallinischen Felsarten zusammengesetzt: der Granit, der Gneiß, der (Feldstein-, Thon-) Porphyr ꝛc. Alle diese geben also zur Entstehung von Sand und Thon Veranlassung.

Die nicht krystallinischen, geschichteten Gesteinsarten sind, wie schon angeführt, aus den Zersetzungsprodukten der plutonischen Gesteine gebildet; der Sandstein aus Quarzkörnern, welche durch ein kieseliges, kalkiges oder thoniges Bindemittel mit einander verkittet worden sind; der Thonschiefer, Letten ꝛc. aus dem Thon. Durch Zertrümmerung liefern dieselben natürlich wieder erdige Massen, ganz ähnlich denen, aus welchen sie einst entstanden.

Der Kalk der Ackererden rührt theils von dem Kalk verschiedener Mineralien her; hauptsächlich aber von den geschichteten Kalksteinen, welche in mannigfacher Form auftreten. Die Kreide ist bekanntlich sehr leicht zu zerreiben, und liefert eine feinkörnige Erde.

Die Zersetzungsprodukte liegen entweder unmittelbar auf den Gesteinen, aus denen sie hervorgegangen sind, und man sagt dann von ihnen, daß sie sich auf der primären Lagerstätte befinden; oder sie sind durch fließendes Wasser von ihrem Entstehungsorte fortgeführt, und werden dann später auf secundärer Lagerstätte angetroffen.

Quarzsand, Thon und (kohlensaurer) Kalk sind bei weitem die Hauptbestandtheile der Ackererden, außer ihnen finden sich darin aber in geringerer Menge auch alle diejenigen Stoffe, welche wir als die Nahrungsmittel der Pflanzen kennen gelernt haben. Die Gegenwart der Alkalien in dem Thon (und Lehm) kann nicht überraschen, da sie einen Hauptbestandtheil der Feldspathe, aus denen der Thon entsprang, ausmachen. Wenn sie auch bei der Zersetzung der Mineralien zumeist in lösliche Verbindungen übergeführt und von dem Wasser weggeschwemmt werden, so wird doch immer ein gewisser Antheil davon in dem Thon zurückgehalten. Außerdem sind dem letzteren stets noch pulverisirte unzersetzte Feldspaththeile und andere unlösliche Doppelsalze der Alkalien beigemischt, welche auf dem Lager sich allmälig zu zersetzen beginnen, und so eine andauernde Quelle von assimilirbaren Alkalien darstellen. Die Magnesia findet sich (als stetige Beigleiterin des Kalkes) in fast allen Mineralien. Sie macht ferner einen Hauptbestandtheil verbreiteter Felsmassen aus: des Dolomits und Serpenthins. Das Eisen wird ebenfalls beinahe in allen Mineralien angetroffen, und findet sich als Oxyd sogar in Lagern von bedeutender Mächtigkeit. In Verbindung mit Schwefel, als Schwefelkies, ist es in manchen Mineralien und namentlich in den Feldspathkrystallen eingesprengt. Der Schwefelkies, ein außerdem sehr verbreitetes Mineral, erleidet, besonders

im feinkörnigen, pulverisirten Zustande, in Berührung mit der atmosphärischen Luft vorzüglich schnell eine fortschreitende Zersetzung. Das Eisen wird zu Eisenoxyd oxydirt, und der Schwefel zu Schwefelsäure. Die Gegenwart dieser Säure in der Ackererde rührt daher zum Theil von dem Schwefelkies her. In größter Menge findet sie sich in dem Gyps (schwefelsaurer Kalkerde), welcher in ziemlich bedeutenden Lagern zwischen den geschichteten Felsarten vorkommt. Die Phosphorsäure macht in Verbindung mit Kalkerde einen Bestandtheil gewisser Mineralien (Apatit) aus, welche in kleinen Quantitäten den verschiedenen Felsarten beigemengt sind. In einigen Gebirgen, in Estremadura, in der Wetterau und am Fichtelgebirge hat man reinen phosphorsauren Kalk (Phosphorit, Knochenstein) in ausgedehnten Gängen, als Spaltausfüllung aufgefunden. Das Chlor kommt ebenfalls in Mineralien vor; in Verbindung mit Natrium bildet es die mächtigen Lager von Steinsalz. Außerdem wird es mit dem verdunsteten Meereswasser viele Meilen landeinwärts geführt, und durch den Regen dem Boden einverleibt.

Die hier besprochenen Mineralbestandtheile finden sich zu allermeist in denjenigen Mineralien, welche bei ihrer Zersetzung Thon bilden. Der Quarz ist fast ganz rein von fremden Beimengungen; deshalb ist der aus seiner Zertrümmerung hervorgegangene Sand so arm an pflanzennährenden mineralischen Substanzen. Dazu kommt noch, daß derselbe wegen seiner schweren körnigen Masse bei der Ablagerung durch den natürlichen Schlemmproceß von den anderen mineralischen Verwitterungsprodukten, welche alle leichter im Wasser suspendirt bleiben, getrennt wird. Dies gilt offenbar von dem grobkörnigen Quarzsande in höherem Maße, als von dem feinkörnigen. Der Thon muß dagegen jenen Verhältnissen zu Folge am meisten von den übrigen Mineralstoffen enthalten; die directen Untersuchungen bestätigen diese Voraussetzung vollkommen.

Die Salpetersäure sollte man, ihrer Entstehungsweise nach zu urtheilen, in größeren Quantitäten in den fruchtbaren Ackererden vermuthen, als sie in der That darin aufgefunden wird. Salpetersaure Salze bilden sich, wo stickstoffreiche Verbindungen bei Gegenwart von Alkalien oder alkalischen Erden und einer hinreichenden Feuchtigkeit unter Verhältnissen, welche den ungehinderten Zutritt der atmosphärischen Luft gestatten, verwesen. Daher finden sie sich in dem kalkigen

Mörtel alter Mauern, und besonders alter Kellergewölbe. In dem kalk- und alkalihaltigen Boden, namentlich wenn er frisch gedüngt ist, sollte man meinen, müßten alle Bedingungen für die Salpetersäurebildung vorhanden sein; und es ist auch möglich, daß sich unter solchen Umständen wirklich Salpetersäure in größerer Menge erzeugt, daß aber die gebildete alsbald wieder zersetzt wird. Denn sie kann, wie Versuche gelehrt haben, neben einigen Humuskörpern nicht unzersetzt bestehen; überhaupt aber zerfällt sie, wie schon früher angegeben, in Berührung mit eben aus anderen Verbindungen ausgeschiedenem Wasserstoff in Ammoniak und Wasser. In bedeutenderen Lagern kommt die Salpetersäure in Verbindung mit Kali (als gewöhnlicher, oder Kali-Salpeter) in Ostindien, in Verbindung mit Natron (Natron- oder Chili-Salpeter) in Chili und einigen anderen südamerikanischen Ländern vor.

Der Bildung und des Vorkommens von Ammoniak in den Ackererden ist schon früher weitläufiger Erwähnung geschehen.

Die Zusammensetzung der unter dem allgemeinen, weitumfassenden Namen Humuskörper begriffenen Substanzen muß der Natur ihrer Entstehungsweise zufolge eine außerordentlich veränderliche sein. Sie bilden die verschiedenen Stufen einer Zersetzung, welche die organischen Verbindungen erleiden, und deren hauptsächlichste Endprodukte Kohlensäure, Wasser und Ammoniak darstellen. Daraus geht hervor, daß die Humuskörper selbst in fortwährender Umwandlung begriffen sind, daß ihre Zusammensetzung in der Ackererde morgen schon eine andere sein kann als heute. Die einzelnen Verbindungen, welche man unter den Namen: Humin, Huminsäure, Gein und Geinsäure, Quellsäure, Quellsalzsäure ꝛc. beschrieben hat, sind zum Theil künstliche Zersetzungsprodukte, und ihr Vorkommen in der Ackererde ist nicht nachgewiesen.

Die Zersetzung der organischen Substanzen ist bedingt durch das Vorhandensein einer hinreichend hohen Temperatur, und durch die Gegenwart von Feuchtigkeit und atmosphärischer Luft. Sie findet im Allgemeinen nicht unter 10° statt, und wird beschleunigt in demselben Maße, als die Temperatur steigt, vorausgesetzt, daß die erforderliche Feuchtigkeit nicht fehlt. Die Quantität des Wassers darf jedoch, ohne den Zersetzungsproceß zu beeinträchtigen, nicht so anwachsen, daß die sich zersetzende Masse dadurch vor dem freien Zutritt des atmosphäri-

schen Sauerstoffes geschützt wird. Während des Processes selbst wird fortwährend Sauerstoff absorbirt und statt dessen Kohlensäure abgegeben; und da zu gleicher Zeit eine große Quantität Wasser aus der Masse selbst abgeschieden wird, so werden die Produkte der Verwesung im Verlaufe derselben fortschreitend reicher an Kohlenstoff. *Unter Wasser* ist der Vorgang der Zersetzung ein ganz anderer; da der Sauerstoff hier nur in beschränktem Maße mitwirken kann, so werden statt der Kohlensäure reines Wasserstoffgas, Kohlenwasserstoff (Sumpfgas), Schwefel- und Phosphorwasserstoff entwickelt. Die zurückbleibende feste Masse stellt aber ebenfalls kohlenstoffreichere Verbindungen dar. Der Zersetzungsproceß geht übrigens unter Wasser weit langsamer vor sich, als beim ungehinderten Zutritt der Luft.

Die abgestorbenen Pflanzenüberreste kommen überall in der Natur in den verschiedensten Stadien der Zersetzung vor; und man findet eine ununterbrochene Reihe von Uebergangsgliedern zwischen solchen Massen, in denen die einzelnen Pflanzentheile noch mit bloßen Augen deutlich erkannt und ihrer Art nach bestimmt werden können; und solchen, in denen selbst mit Hülfe des Mikroskops eine organische Structur kaum bemerkt werden kann. Die obersten Schichten der mit Moos bewachsenen Moorgründe liefern Repräsentanten für das *erstgenannte* Endglied; die Lauberde dicht bestandener Laubwälder für das *letztgenannte*. Wir werden in der Folge zwei Hauptgruppen von pflanzlichen Zersetzungsprodukten unterscheiden, und dieselben, je nachdem sie sich dem ersteren oder dem letzteren jener Endglieder anschließen, als *Torf* (torfige Masse), oder als *Moder* (Lauberde) bezeichnen. Eine scharfe Grenze läßt sich natürlich zwischen jenen beiden Gruppen nicht ziehen. *Torfig* werden wir im Allgemeinen solche Massen nennen, welche getrocknet eine leichte, lockere, schwammige (puffige) Substanz darstellen; welche an der Luft liegend, selbst in größeren Stücken, leicht austrocknen, und dabei, vermöge der wenig zersetzten faserigen Pflanzenüberreste, zusammenhängende Klumpen bilden, welche nur mit einiger Gewalt zerbrochen und zerrissen werden können. *Moder* dagegen werden wir diejenige Masse nennen, welche von einer fast gleichmäßigen weichen, stark zersetzten Beschaffenheit, im nassen Zustande eine gewisse Plasticität besitzt, an Spaten und Hacken anklebt, und deren frische Schnittfläche auf der Lagerstätte ein fettglänzendes, speckiges Aussehen darbietet; welche beim Trocknen aus-

einanderfällt, an der Luft liegend nur in den äußeren Schichten austrocknet, im Innern aber das Wasser mit bedeutender Kraft zurückhält. Was die Farbe anbetrifft, so wird der Moder immer sehr dunkel, meist schwarz, die torfigen Substanzen dagegen häufig heller, röthlich, bräunlich, aber auch ebenfalls dunkelbraun und schwarz gefärbt erscheinen. Letztere können sich nur an nassen Orten erzeugen.

Da sich nach dem Gesagten Torf und Moder nur durch den verschiedenen Grad ihres Zersetzungszustandes von einander unterscheiden, so kann der Torf natürlich unter günstigen Verhältnissen in Moder übergehen. Am häufigsten aber mögen beide wohl aus verschiedenen Pflanzen gebildet sein; denn einmal brauchen dieselben nach dem Absterben sehr ungleiche Zeit für ihre Zersetzung, auch unter gleichen Bedingungen; und zweitens wachsen diejenigen Pflanzen, welche schwer in rasch fortschreitende Vermoderung übergehen, nicht gern an solchen Orten, welche der Zersetzung von Pflanzensubstanz günstig sind. Fast alle Moose verwesen schwer; die Gräser, und überhaupt die Futterkräuter, um so leichter, je saftiger sie sind. Das Laub der Laubhölzer zerfällt leicht; die Nadeln der Nadelhölzer wegen ihres Harzgehaltes schwerer. In den Laubwäldern beschleunigt die unter dem dichten Schatten geborgene Feuchtigkeit die Zersetzung; in den Nadelwäldern herrschen ähnliche Verhältnisse nur so lange sie jung sind; und in dieser Periode findet auch in ihnen eine ziemlich lebhafte Humusbildung statt, während in alten Wäldern die Nadeln lange unversehrt liegen bleiben. Unter üppig vegetirenden Ellern in Brüchern und Moorgründen kommt das Moos nicht gut auf; statt dessen wachsen saftige Gräser und Kräuter, und man kann daher aus doppelten Gründen an solchen Orten die Moderbildung erwarten, welche sich in der That auch findet.

In den Ackererden geht die Zersetzung der Pflanzenüberreste, je nach dem vorhandenen Feuchtigkeitszustande, verschieden schnell und vollständig vor sich. Immer aber werden die Produkte derselben einen dem Moder ähnlichen Charakter tragen; wir werden sie künftig vorzugsweise Humus, oder humose Substanzen nennen, und die mit ihnen stark vermischte Ackererde Humus- oder Dammerde.

Dabei werden wir unter Humus aber immer nur die aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff bestehende Hauptmasse der in Zersetzung begriffenen Pflanzenstoffe verstehen, getrennt also von dem gleichzeitig gebildeten Ammoniak und den Aschenbestandtheilen. Je weiter die

Zersetzung vorgeschritten, desto größer ist natürlich die Quantität, welche von den letztgenannten Substanzen in Freiheit gesetzt wird. Solche werden sich daher im Moder in größerer Menge finden als im Torf. Mit dem durchsickernden Wasser wird aber beiden eine nicht unerhebliche Quantität davon fortgeführt werden; dem Torf aber, wegen seiner schwammigen, porösen Beschaffenheit mehr, als dem Moder. Letzterer, namentlich wenn er seine Entstehung den Gräsern oder dem Laub verdankt, enthält reichlicher Kali; während sich in dem aus Moosen gebildeten Torf vorherrschend Kalk findet, und neben demselben, wie man schon aus der Farbe der Asche schließen kann, eine ziemliche Quantität von Eisenoxyd.

An nassen Stellen erzeugen sich aus den verwesenden Pflanzenstoffen bedeutende Quantitäten von Säuren (Humussäuren); in trockneren Aeckern, welche dem atmosphärischen Sauerstoff leichteren Zutritt gestatten, tritt diese Säurebildung sehr zurück.

Neben den bisher besprochenen festen Verbindungen bildet das Wasser einen Hauptbestandtheil jedes Ackerbodens. Die Quantität dieses Wassers steht aber in keinem constanten Verhältnisse zu den übrigen Gemengtheilen des Bodens, sondern ist in stetem Wechsel, in stetem Ab- und Zufließen begriffen. In Bezug auf die Wege, auf welchen es in den Ackerboden gelangt, ist dasselbe in mehrfacher Hinsicht zu betrachten. Wir haben zu unterscheiden erstlich das Wasser, welches durch atmosphärische Niederschläge unmittelbar auf und in den Boden gelangt; zweitens dasjenige, welches aus den Seen und Flüssen durch die bestehenden Druckverhältnisse und die Capillarattraction in den wasserdurchlassenden Erdschichten verbreitet wird; und drittens dasjenige, welches aus unterirdischen Wasseransammlungen stammt, und mit einem allgemeinen Namen als Quellwasser bezeichnet wird.

Wenn man einen mit Papierfiltrum versehenen Trichter mit trockener Erde füllt, und diese darauf allmälig mit Wasser befeuchtet, so wird dieselbe eine gewisse Quantität davon aufnehmen und festhalten; alles dasjenige aber, welches man über diese bestimmte Quantität hinaus noch hinzufügt, wird unten aus dem Trichterrohr abfließen. Ebenso wird das durch Regen, Schnee, Thau ꝛc. auf den Ackerboden gelangende Wasser von diesem zunächst aufgenommen und zurückgehalten werden; beträgt die zugeführte Quantität aber mehr, als die Erde

festzuhalten vermag, so wird der übrige Theil, ganz den Gesetzen der Schwere folgend, so tief sinken, bis er durch undurchlassende Erd- oder Felsschichten aufgehalten wird. Kann dieses Wasser hier seitlich nicht abfließen, so muß es natürlich in dem Boden verbleiben, und sich in seinen Poren verbreiten, so weit es geht; ebenso wie man Erde, welche sich in einer Schüssel befindet, in allen ihren Poren mit Wasser anfüllen kann. Der eine Theil von demselben folgt darin alsdann den hydrostatischen Gesetzen und fließt ab, sobald die hemmende Schicht beseitigt oder durchlöchert worden; der andere Theil bleibt jenen Gesetzen zuwider zwischen den Erdkörnern zurück, und wird von ihnen festgehalten, ähnlich wie ein Schwamm das Wasser in sich zurückhält, oder wie ein sehr enges Glasröhrchen die Flüssigkeiten auffaugt und nicht wieder ausfließen läßt. Wir nennen diese allgemein verbreitete, an allen engen Poren und Röhren zu beobachtende Erscheinung Capillarität (Haarröhrchenkraft).

Zu den in der Natur vorkommenden wasserdurchlassenden Erdschichten gehört aller Sand, der sandige Lehm; in geringerem Grade der Torf, Moder, und von den geschichteten Gesteinen gewisse Kalk- und Sandstein-Arten. Zu den undurchlassenden Schichten gehört vor allen der Thon; ferner natürlich alle krystallinischen Felsarten, wenn sie nicht zerklüftet und von Sprüngen durchsetzt sind. Wenn daher, wie in Figur 34, eine muldenförmige Thonschicht mit durchlassender Erde überlagert ist, so befindet sich diese letztere in Bezug auf das von oben herabfallende Wasser in einer ähnlichen Lage, wie (um auf das vorhin gewählte Beispiel zurückzukommen) der Sand in einer Schüssel. Alles Wasser wird zurückbehalten, und muß, wenn die Zufuhr fortdauert, nachdem die Poren der Erde vollkommen damit angefüllt sind, als Teich oder See den Erdboden überstauen. Wenn dagegen umgekehrt auf einer hügelig gebogenen Thonschicht eine durchlassende Erdschicht ruht (Fig. 35), so wird diese letztere nie mehr Wasser zurückbehalten können, als sie capillarisch in sich aufnehmen kann, mag die Zufuhr so groß sein, wie sie will. Liegt ferner auf einer wagerechten Thonschicht ein Hügel von durchlassender Erde (Fig. 36), so wird dieser

Fig. 34.

Fig. 35.

Fig. 36.

ebenfalls als Maximum nur so viel Wasser enthalten, als er capillarisch bindet; alles darüber hinaus zugeführte wird seitlich aus dem Hügel abfließen.

Die Quantität Wasser, welche die verschiedenen Erdarten capillarisch zurückhalten können, oder, wie man sich gewöhnlich ausdrückt, ihre wasserhaltende Kraft ist sehr ungleich; beim Quarzsand am geringsten, beim Humus am höchsten.

100 Gewichtstheile der Erdarten halten zurück:

Quarzsand	25 Gewichtstheile Wasser
gröberer Kalksand	29
lettenartiger Thon	40
lehmartiger Thon	50
klayartiger Thon	61
Thon	70
feine Kalkerde	85
Humus	190

Es ist hierbei zu bemerken, daß diese Zahlen natürlich nur für eine bestimmte Körnung der Erdarten gelten; daß sie, wie beim Kalksand deutlich zu sehen, mit der Feinheit des Pulvers bedeutend zunehmen. So wird grober Quarzsand noch eine weit geringere Zahl, als 25, sehr feinkörniger dagegen eine beträchtlich höhere ergeben. Ebenso wird der Zersetzungszustand, in welchem sich der Humus befindet, einen bedeutenden Einfluß auf seine wasserhaltende Kraft haben; die einander gegenüberstehenden Erdglieder, der Moder und der Torf, müssen sehr abweichende Zahlen dafür liefern. Beim Lehm und Thon kommt es einmal auf die Beschaffenheit des Thons (im eigentlichen Sinne des Wortes, reine kieselsaure Thonerde) und auf die Körnung des beigemischten Sandes an.

Es versteht sich von selbst, daß die obenstehenden Zahlen noch durchaus keinen Schluß erlauben auf die Quantität Wasser, welche jene Erdarten nun in der Wirklichkeit enthalten. Diese hängt natürlich auf der einen Seite von der Zufuhr, und auf der anderen Seite von der Abgabe, dem Abfluß und der Verdunstung ab. Reiner Quarzsand kann häufig mehr Wasser enthalten, als Thon und Humus.

Um über die Feuchtigkeitsverhältnisse der Erden weitere Aufschlüsse zu erhalten, hat man noch die Leichtigkeit bestimmt, mit welcher dieselben das aufgenommene Wasser wieder an die Luft abgeben, verdunsten.

Von 100 Theilen Waſſer der Erden verdunſteten in 4 Stunden bei 18°,75 C.

aus Quarzſand	88,4
„ Kalkſand	75,9
„ lettenartigem Thon	52,0
„ lehmartigem Thon	45,7
„ klayartigem Thon	34,9
„ Thon	31,3
„ feiner Kalkerde	28,0
„ Humus	20,5

Wir ſehen, daß hier gerade das umgekehrte Verhältniß ſtattfindet, als bei der waſſerhaltenden Kraft. Diejenigen Erden, welche am wenigſten Waſſer capillariſch aufzunehmen im Stande ſind, verdunſten in einer gegebenen Zeit am meiſten davon. Dabei gilt übrigens in Bezug auf den Einfluß der Körnung dasſelbe, was vorher bei der waſſerhaltenden Kraft bemerkt wurde. Zwiſchen Torf und Moder aber wird ein noch weit bedeutenderer Unterſchied ſich zeigen; und zwar wird der Torf ungleich ſchneller austrocknen. Wo die Lagerungsverhältniſſe der Art ſind, daß ſie dem nicht capillariſch feſt gehaltenen Waſſer freien Abfluß gewähren, wo dieſelben alſo nicht etwa denen der Fig. 34 entſprechen; da kann man ſich, wenn auch die Witterungsverhältniſſe, wenn die Dicke der Ackerkrume, die vorhandene Vegetation ꝛc. vollkommen gleich ſind, nach den Zahlen, welche die waſſerhaltende Kraft, und das Vermögen, ſchneller oder langſamer auszutrocknen, bezeichnen, wohl eine ungefähre Vorſtellung von dem relativen Feuchtigkeitsgehalte der verſchiedenen Ackererden bilden. Im Uebrigen aber können die Lagerung, die Quantität und Häufigkeit der wäſſerigen Niederſchläge, die Temperatur, Feuchtigkeit und Bewegtheit der Luft ꝛc. an verſchiedenen Orten einen ſo ungleichen Einfluß ausüben, daß Quarz- und Kalkſand einen höheren Waſſergehalt aufweiſen, als Thon und Humus.

Wenn ein Boden von ſeiner Oberfläche Waſſer, welches er capillariſch in ſeinen Poren aufgenommen hat, verdunſtet, ſo geben die darunter liegenden Schichten von ihrem Waſſergehalt einen Theil an die verdunſtende Oberfläche ab. Für dieſe Bewegung iſt eine gewiſſe Zeit erforderlich, ſo daß, während die Abdunſtung fortdauert, ein Gleichgewicht in dem Flüſſigkeitsgehalt der verſchiedenen übereinanderliegenden Schichten nicht erreicht werden kann; ſondern es wird in der Regel

bis zu einer gewissen Tiefe hinab der Wassergehalt von der Oberfläche an ganz stetig zunehmen. Die Schnelligkeit, womit das Wasser aus den feuchteren Schichten in die minder feuchten übergeführt wird, ist in den verschiedenen Erdarten ebenfalls verschieden, und ist in gleichen Erdarten um so größer, je näher der Feuchtigkeitsgehalt an den capillarischen Sättigungspunkt liegt. Liegt eine stark gelockerte Erdschicht auf einer fest zusammengedrückten, so kann dieselbe unter Umständen fast völlig austrocknen; so daß also kein Wasser, oder doch nur äußerst wenig aus der festen Schicht in die lockere übergeht. Feiner Quarzsand, einmal vollkommen ausgetrocknet, wird schwierig wieder von Wasser benetzt. Das Regenwasser läuft von der Oberfläche solches Bodens häufig großentheils ab, oder bleibt darauf stehen, während doch dicht unter der obersten Schicht ganz trockner Sand liegt. Besonders schwer nehmen aber die Nadeln und die Bruchstücke der Rindenschichten und der kleinen Zweige von Kiefern und Wachholder im trocknen Zustande Wasser an; dasselbe läuft von ihnen wie von fettigen Körpern ab, oder bleibt auf der Oberfläche der von ihnen gebildeten Schichten mitunter tagelang stehen, und verdunstet wiederum, ohne sie durchdrungen zu haben. Wie schwierig die Ameisenhaufen in Kiefernwaldungen vom Regen durchnäßt werden, ist bekannt. Wenn man leichten Sandboden, welcher viele Jahre Kiefern getragen hat zum ersten Male wieder umpflügt, so findet man häufig unter der obersten etwas humosen Schicht, einen staubig trocknen Sand, auf den ein starker Regen acht Tage hintereinander fallen kann, ohne nur einige Linien tief einzudringen. Erst nachdem er wiederholt beackert, und in rauher Furche liegend längere Zeit hindurch den Einflüssen der Atmosphäre ausgesetzt gewesen, wird solcher Boden allmälig angefeuchtet. Merwürdig ist dabei, daß unmittelbar unter der, nur einige Zoll dicken trocknen Schicht wieder ein ganz feuchter Sand liegt.

Wenn man eine Handvoll trockener Erde in eine Schüssel legt, auf dessen Boden sich einige Linien hoch Wasser befindet, so wird sich die Erde nicht bloß so weit voll Wasser saugen, als sie unter dem Niveau desselben liegt, sondern weit darüber hinaus durch ihre ganze Masse, bis in die oberste Spitze. Die Erde eines Blumentopfes, welcher in einer mit Wasser gefüllten Schale steht, nimmt dieses Wasser durch die Oeffnung des Topfbodens auf, und erhält sich durch und durch naß. Auf ganz ähnliche Weise verbreitet sich das Wasser der Seen

und Flüsse durch die angrenzenden Erdschichten, und erhebt sich in ihnen so hoch über dem Niveau derselben, als überhaupt die capillarisch wirkenden Massen lagern.

Es ist schon oben bemerkt worden, daß unbenarbte Flächen losen und feinkörnigen Sandbodens während der Hitze des Sommers mehre Zoll tief vollständig austrocknen, und daß der darauf fallende Regen, wenn er auch einige Tage anhält, dennoch nur etwa einen halben oder ganzen Zoll tief eindringt, wenigstens nur in sehr seltenen Fällen die ganze ausgetrocknete Schicht durchnäßt. Bei günstiger Witterung ist das herabgefallene Regenwasser in ein paar Stunden wieder vollkommen abgedunstet. Nun aber fährt der Boden noch fort aus den tiefer liegenden Schichten Wasser zu verdunsten, sowohl unmittelbar, als durch Vermittelung der etwa vorhandenen Gewächse. Woher kommt diese außerordentlich große Masse Wasser, welche der Boden fortwährend abgiebt, woher wird sie ersetzt? Die atmosphärischen wässerigen Niederschläge durchnässen kaum die obersten Schichten auf ein paar Tage, und dennoch ändert sich der Feuchtigkeitsgehalt der tieferen Schichten während des Sommers in vielen Fällen anscheinend nur sehr unbedeutend. Die Quelle dieses Wassers liegt nicht in der Luft, sondern unten in dem capillarisch verbreiteten Wasser, in dem Wasser der Seen und Flüsse, welches in den Sandschichten aufsteigt und das abgedunstete fortdauernd ersetzt; gleichwie das Oel in dem Lampendocht der verzehrenden Flamme zuströmt.

Wenn man in losem Erdreich einen Brunnen gräbt, und den Schacht bis unter das Niveau der angrenzenden Gewässer getrieben hat, so sammelt sich alsbald Wasser in demselben an. Denn unterhalb dieser Grenze ist dasselbe nicht allein durch Capillar-Attraction aufgesogen, sondern nach den Gesetzen des hydrostatischen Gleichgewichtes verbreitet, alle Räume, auch die nicht capillarischen, ausfüllend. Durch den Brunnenschacht wird natürlich das hydrostatische Gleichgewicht gestört, indem den angrenzenden Wassertheilen der Gegendruck genommen wird; das Wasser fällt in den Brunnen und füllt ihn bis zur Niveauhöhe an, wodurch das Gleichgewicht wieder hergestellt wird. Dieses Wasser im Brunnen steht durch die Poren der trennenden Erdschicht hindurch mit den angrenzenden Gewässern in Verbindung, hebt und senkt sich gleichmäßig mit denselben.

Oberhalb der Niveaugrenze, welche sich durch die Erdschichten

erstreckt, ist das Wasser durch Capillarität gehoben, und es sind hier daher nur die Capillarräume angefüllt; und zwar anfangs, d. h. dicht über jener Grenze, wahrscheinlich ziemlich vollständig, dann aber mit der ansteigenden Höhe allmälig abnehmend, in immer geringerem Grade bis an die abdunstende Oberfläche. Leider besitzen wir durchaus gar keine Untersuchungen über diese Verhältnisse; wir können daher nicht angeben, in welchem Maße das capillarisch aufgesogene Wasser mit der Höhe abnimmt, wie sich die verschiedenen Erdarten unter ähnlichen Verhältnissen unterscheiden; wie die Entfernung von dem Wasserbecken einwirkt ꝛc.

Thonschichten sind, wie wir gesehen haben, für Wasser sehr schwer durchdringbar. Wenn daher nicht allein der Boden, sondern auch die Ufer der Wasseransammlungen von undurchlassenden Thonschichten gebildet werden, so hindern diese natürlich die seitliche Verbreitung des Wassers; und wenn man in den Sandschichten, welche vielleicht in nur geringer Entfernung vom Ufer auftreten, einen Brunnen gräbt, so wird das Wasser in demselben nicht gleiches Niveau mit dem nahen, aber durch Thonschichten begrenzten See oder Fluß halten; sondern mit anderen, wenn auch sehr weit entfernten, so doch nur durch dazwischen liegende Schutt- und Sandschichten von ihm getrennten Gewässern correspondiren.

Die Thonschichten hindern also offenbar auch die Verbreitung und die capillarische Auffaugung des Fluß- und Seewassers durch die Erdschichten. Es können daher zwei Ackererden von gleicher Beschaffenheit, welche in gleicher Entfernung von einem Gewässer, und in gleicher Höhe über demselben liegen, dennoch durch ihre Capillar-Attraction sehr ungleiche Zufuhren von Wasser erhalten; je nachdem sie durch Thonschichten, oder andere undurchlassende Felsarten, oder durch lose Erdmassen von dem angrenzenden Gewässer getrennt sind. Thonschichten haben einen großen Einfluß auf die Ansammlung und Vertheilung des aus der Atmosphäre unmittelbar auf die Aecker niedergeschlagenen Wassers; sie wirken regulirend auf die capillarische Verbreitung desselben; sie geben endlich Veranlassung zu der Entstehung von Quellen.

Die Bildung von Quellen beruht auf dem Vorhandensein von wasserdurchlassenden Schichten, welche auf undurchlassenden auflagern. Das Quellwasser stammt nicht etwa aus dem Innern der Erde, sondern ist das aus der Atmosphäre niedergeschlagene Wasser, welches die

losen Erdschichten durchdringt; von darunter liegenden undurchlassenden Schichten aber aufgehalten, angesammelt und durch den hydrostatischen Druck an geeigneten, niedriger gelegenen Stellen wieder zu Tage gefördert wird.

Ein sehr einfacher Fall der Quellenbildung ist da gegeben, wo sich über einer horizontal gelegenen undurchlassenden Schicht ein Hügel von durchlassenden Massen erhebt (siehe Fig. 36). Fällt auf diesen Hügel mehr Regen, als er durch Capillarität (wasserhaltende Kraft) in sich aufnehmen kann, so wird das überschüssige, seiner Schwere folgend, bis auf die undurchlassende Schicht sinken; dort aufgehalten sich seitlich verbreiten und an der Basis des Hügels, entweder gleichmäßig rund herum, oder an einzelnen leichter durchdringbaren Stellen vorzugsweise, als Quellwasser abfließen. Quellen dieser Art kommen in der Natur häufig vor. Die sogenannten Mesas in der Umgebung des Orinoko sind Hügel von geringer Höhe (300 bis 450 Fuß) und solcher Ausdehnung, daß sie dem Auge des Beobachters als eine horizontale Ebene erscheinen. Diese Hügel bestehen aus Sand und liegen auf einer horizontalen Schicht eines undurchlassenden Sandsteines. Wenn der Orinoko aus seinen Ufern tritt, setzt er die ganze Gegend unter Wasser, durchdringt die Sandhügel und erfüllt alle Zwischenräume in denselben. Wenn sich später die Gewässer in ihr gewöhnliches Bett zurückgezogen haben, so muß dasjenige Wasser, welches die nicht capillaren Räume erfüllte, als dem hydrostatischen Drucke unterliegend, wieder abfließen; und man sieht alsdann an der Basis der Hügel kleine Bäche entspringen, welche durch viele, aus dem Erdboden hervorquellende Wasseradern gespeist werden. In dem erwähnten Falle ist es das zurückgebliebene Ueberschwemmungswasser, welches die Quellen erzeugt; in den bei weitem meisten Fällen ist es dagegen das Wasser des Regens oder des schmelzenden Schnees.

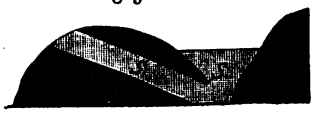
Fig. 37.

Fig. 38.

Die Figuren 37 und 38 stellen zwei andere, der Quellenbildung günstige Verhältnisse dar. Das von den durchlassenden (in den Figuren punctirten) Erdmassen aufgefangene atmosphärische Wasser sinkt in den

geneigten Schichten hinab, und erscheint, von den undurchlassenden Thonlagen geleitet, in dem Ausgehenden der ersteren, als Quelle (Q) des Thales.

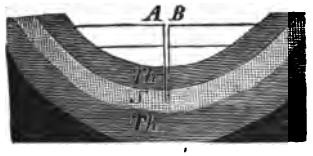
Fig. 39.



Wenn das ausgehende Ende der wasserführenden Schicht nicht als Thalwand auftritt, sondern, wie in Fig. 39 dargestellt, unter einer erdigen Lage mündet, welche das Thal ausfüllt, so entsteht natürlich keine Quelle im eigentlichen Sinne des Wortes; sondern das Quellwasser verbreitet sich, so weit es ausreicht, durch die Erdlage des Thales und erhält dieselbe mehr oder weniger naß (Grundwasser).

Wenn das Ende der wasserführenden Schichten durch undurchlassende Massen geschlossen ist; oder wenn eine solche Schicht auf einer undurchlassenden ruhend und von einer ähnlichen bedeckt, etwa so gebogen ist, wie in Fig. 40: so sammelt sich das Wasser in derselben an, und kann, da ein Ausweg fehlt, nirgend abfließen. Wird nun durch ein Bohrloch, welches zwischen den beiden gebogenen Schenkeln von der Oberfläche bis in die wasserführende Schicht getrieben wird, ein künstlicher Ausweg geschafft: so steigt das Wasser in demselben in die Höhe, und zwar natürlich gerade so hoch, als es in der Schicht steht. Steht es darin höher, als die Horizontallinie der Ebene, von welcher aus das Bohrloch getrieben wurde, so wird es daraus als Springbrunnen bis zu einer entsprechenden Höhe über die Oberfläche emporgeschleudert. Solche künstliche Quellen nennt man artesische Brunnen.

Fig. 40.



Weshalb Quellen besonders in den Thälern der Gebirge auftreten, und auch die bedeutenden Flüsse hier entspringen, erklärt sich leicht dadurch, daß in den Gebirgen, sowohl durch die verschiedensten Stellungen der abwechselnd durchlassenden und undurchlassenden Schichten die Bedingungen zur Quellbildung gegeben sind, als auch daselbst, aus Gründen, welche später entwickelt werden sollen, die häufigsten und stärksten wässerigen Niederschläge stattfinden.

Wenn nun diejenige Quantität Wasser, welche in den verschiedenen Gegenden der Erdoberfläche aus der Atmosphäre niedergeschlagen wird, außerordentlich ungleich und wechselnd ist; wenn ferner die An-

sammlung und Verbreitung dieses Wassers in der Erde auf so mannigfache Weise stattfinden kann; wenn die Bedingungen für die Verdunstung nicht minder ungleich vertheilt sind, als die Niederschläge; wenn endlich die Kraft, womit das Wasser in den einzelnen Bodenschichten der Verdunstung gegenüber festgehalten wird, ebenfalls sehr verschieden ist: so muß die Ungleichheit und Unbeständigkeit des Wassergehaltes der Ackererden als hinlänglich begründet erscheinen. —

Das Meer ist das große Wasserreservoir der Erde. Wenn die Flüsse fortwährend eine so enorme Quantität Wasser demselben zuführen, ohne sein Niveau zu erhöhen; so muß natürlich auf der anderen Seite eine Kraft bestehen, welche ebensoviel Wasser dem Meere entzieht, als es empfängt. Diese Kraft ist die Verdunstung. Das Meerwasser verdunstet, wird im gas- und dunstförmigen Zustande (Wolken) durch die Luft über die Länder verbreitet und fällt als Regen, Schnee ꝛc. auf den Erdboden nieder; durchsickert denselben, sammelt sich in den Flüssen, und kehrt in ihnen wieder zum Meere zurück. Es findet hier also nur ein fortdauernder Kreislauf statt. Je mehr verdunstet, desto mehr fällt als Regen nieder, desto reichlicher fließen die Quellen, desto höher steigen die Flüsse, und führen in beschleunigterem Laufe dem Meere das abgegebene zu.

Die Flüsse würden fast reines destillirtes Wasser enthalten, wenn nicht dasselbe aus den Erdschichten, die es als Quellwasser durchdrungen, und die das Bett des Flusses ausmachen, die löslichen Stoffe aufgenommen hätte. Die Zusammensetzung des Flußwassers ist daher abhängig von der Beschaffenheit der von ihm berührten Erd- und Felsmassen. Die Gesammtmenge der darin gelösten unorganischen Salze beträgt selten mehr als $\frac{1}{2}$ pro mille; häufig aber noch bedeutend weniger. Von denselben finden sich vorzüglich kohlensaurer Kalk, schwefelsaurer Kalk, kohlensaure Magnesia, Chlornatrium, schwefelsaures Natron, schwefelsaures Kali, nebst geringen Mengen von kieselsauren und phosphorsauren Salzen, Eisenoxyd und Thonerde. In einzelnen Quellwassern, namentlich den Heilquellen, steigt sowohl die Gesammtmenge der Salze, als besonders der Gehalt an einzelnen von ihnen (schwefelsaures Natron, schwefelsaure Magnesia) ziemlich bedeutend. Als Beispiel eines sehr reinen Flußwassers kann dasjenige der Havel genannt werden. Es enthält in 1000 Theilen Wasser nur 0,1618 unorganische Salze und zwar:

Kali	0,0054
Chlornatrium	0,0335
Eisenoxyd	Spuren
Kalk	0,0533
Magnesia	0,0112
Phosphorsäure	0,0006
Schwefelsäure	0,0072
Kohlensäure	0,0506
Kieselsäure	Spuren
	0,1618

Das Meerwasser ist bekanntlich weit reicher an Salzen. In 1000 Theilen des Wassers der Nordsee (I) und des atlantischen Oceans (II) wurden gefunden:

	I.	II.
Chlornatrium	25,513	27,558
Bromnatrium	0,373	0,326
Schwefelsaures Kali	1,529	1,715
Schwefelsaurer Kalk	1,622	2,046
Schwefelsaure Magnesia	0,706	0,614
Chlormagnesium	4,641	0,326
	34,383	32,585

Da die Meere in dem Flußwasser fortwährend eine erhebliche Quantität von Salzen zugeführt erhalten, welche nach der Verdunstung des Wassers zurückbleiben; so müssen dieselben allmälig salzreicher werden. In dem großen Weltmeere wird eine solche Veränderung nicht leicht nachweisbar sein; und es ist auch möglich, daß hier ebensoviel Salze, als die Flüsse zuführen, von den Pflanzen (und Thieren) aufgenommen, und in deren abgestorbener Masse auf den Boden abgelagert werden. Meere aber, welche bei mäßiger Ausdehnung rings vom Lande eingeschlossen sind, und wegen ihrer südlichen Lage die große Masse des sich darin ergießenden Flußwassers vollständig verdunsten, müssen nachweisbar von Jahr zu Jahr reicher an Salzen werden. So enthält das todte Meer in 100 Theilen Wasser schon 22 bis 26 Theile unorganischer Salze. Meere dagegen, welche, wie die Ostsee, viel Wasser aus den Flüssen erhalten, aber nur wenig verdunsten, und den Ueberschuß durch schmale Straßen in das große Meer führen, sind ver-

hältnißmäßig arm an Salzen, da die Diffusion aus dem Ocean durch die engen Straßen, dem Strome entgegen, sehr unbedeutend ist.

Um wieder auf das Wasser als Bestandtheil der Ackererden zurückzukommen, so haben wir noch zu erwähnen, daß außer demjenigen, welches mechanisch zwischen den Erdkörnern vertheilt ist, noch ein geringer Theil darin chemisch gebunden ist. Viele Mineralien, wie z. B. der Gyps weisen in ihrer Zusammensetzung einen constanten Antheil Wasser auf. Andere Salze ziehen das Wasser so begierig aus der Luft an, daß sie sich darin vollkommen auflösen. Es ist allgemein bekannt, daß die Pottasche (kohlensaures Kali) an freier Luft liegend sich bald in eine flüssige Masse verwandelt.

Alle Körper condensiren bei gewöhnlicher Temperatur eine Quantität Wasserdampf der Luft auf ihrer Oberfläche. Die Fensterscheiben, die Metalle, wenn sie auch noch so glänzend und rein erscheinen, sind dennoch mit einer, freilich außerordentlich dünnen Schicht Wasser überzogen. Fein gepulverte und poröse Körper, welche im Verhältniß zu ihrem Gewichte eine sehr bedeutende Oberfläche darbieten, enthalten deshalb eine größere Quantität Wasser auf solche Weise gebunden. Das sehr feine Pulver der aus ihren gelösten Verbindungen niedergeschlagenen Kieselsäure, oder die poröse Holzkohle nehmen ausgeglüht und darauf in die freie Luft gebracht, sehr rasch an Gewicht zu; und zwar um die Quantität des angezogenen Wassers. Man nennt jene Stoffe, und die ihnen in dieser Beziehung ähnlichen, hygroskopisch. Die Ackererde ist natürlich auch hygroskopisch, und offenbar um so mehr, je kleiner ihre einzelnen Bestandtheile sind. Humus und nach ihm der Thon sind am ausgezeichnetsten durch die Fähigkeit, Wasser aus der Luft anzuziehen. 5 Theile Humus zogen in 24 Stunden 0,40, ebensoviel Thon 0,18 Wasser an. Das auf diese Weise gebundene Wasser kann sich selbstverständlich weder durch Druck, noch durch Capillarität bewegen, und es ist ungewiß, wie weit es den Erden durch die Pflanzen entzogen werden kann; einige unvollständige, früher erwähnte Beobachtungen, zeigten, daß die Pflanzen vertrockneten, während der Boden, in dem sie wuchsen noch einige Procent Wasser enthielt. Ob die Schicht des hygroskopisch gebundenen Wassers, welches die einzelnen Erdtheilchen unmittelbar umgiebt, rein von allen Beimischungen ist, oder ob sie Salze aufgelöst enthalten kann, und welche, ist ebenfalls noch nicht nachgewiesen.

Ueber die Mischung der von dem Ackerboden eingeschlossenen Gase konnte man von vorne herein vermuthen, daß sie Kohlensäure in größerer Quantität enthalten müsse, als die atmosphärische Luft, da der Humus durch die fortdauernde Oxydation Kohlensäure liefert. Die directe Beobachtung hat diese Voraussetzung vollkommen bestätigt. Leichter Sandboden schloß eine Luft ein, von welcher 100 Vol. 0,93 Kohlensäure enthielten, wenn er lange nicht gedüngt worden war; kurze Zeit vor dem Versuche gedüngt, fand man darin 2,17, und nach einem Regen sogar 9,74; während die atmosphärische Luft in der Regel nur 0,04 bis 0,05 davon enthält.

Werfen wir jetzt einen Blick auf die relativen Mengen, in welchen die vorstehend besprochenen Substanzen in den Ackererden mit einander gemischt vorkommen; so finden wir, daß 4 von ihnen, (wenn wir vom Wasser absehen) nämlich der Quarzsand, der Thon, der kohlensaure Kalk und der Humus bei weitem die Hauptmasse derselben bilden. Wir unterscheiden, je nachdem einer von den genannten Bestandtheilen durch seine Quantität, oder doch durch seine charakteristischen Merkmale in dem Gemische vorherrscht: Sandboden, Thonboden (Lehmboden), Kalkboden und Humusboden (Moder- und Torfboden).

Was zunächst den Sandboden betrifft, so kommt in der Natur, und namentlich an den Ufern der Gewässer, Boden vor, welcher fast aus reinen Quarzkörnern besteht; wenigstens gehört ein Boden, welcher 97 bis 98 Procent Sand enthält, gerade nicht zu den Seltenheiten. Gewöhnlich rechnet man zum Sandboden noch denjenigen, welcher 90 Procent Quarzkörner aufweist; sinkt der Gehalt daran niedriger, so werden die allgemeinen äußeren Eigenschaften des Bodens schon durch die anderen Gemengtheile, besonders wenn dieselben aus Thon oder Humus bestehen, ziemlich verdeckt. Weich nennt man den Sand, wenn er aus feinen; scharf, wenn er aus gröberen, eckigen Körnern gebildet wird. Letzterer ist gewöhnlich am meisten frei von anderen Beimengungen; da diese, wie früher beschrieben, wegen ihrer Leichtigkeit durch den natürlichen Schlemmproceß, am weitesten von ihm entfernt werden mußten. Da der scharfe Sand an den Rändern der Seen, wo er von der Brandung beständig ausgewaschen wird, vorzugsweise auftritt, so hat man ihn auch Seesand genannt. Die Beimengungen des Sandes bestehen meist aus Thon nebst etwas Humus, seltener aus Kalk.

Bevor wir auf die Zusammensetzung des Thonbodens eingehen, haben wir zunächst noch einmal auf die Bedeutung der zu gebrauchenden Bezeichnungen aufmerksam zu machen. Unter Thonerde verstehen wir die Verbindung des Thonerdemetalls (Aluminium) mit Sauerstoff; unter Thon, im chemischen Sinne, eine Verbindung von Thonerde mit Kieselsäure, welche aus 46,2 Procent Thonerde und 41,2 Kieselsäure (nebst 12,2 Wasser) besteht. Diese Verbindung kommt jedoch in der Natur stets mit Sand gemischt vor, von dem ein Theil so fein ist, daß er durch Schlemmen nicht davon getrennt werden kann. Kocht man die vorsichtig abgeschlemmte Masse, so schlägt sich noch ein bedeutender Theil Kieselerde (häufig gegen 15 Procent) nieder; aber es bleibt dennoch mit dem Thon zugleich eine gewisse Quantität Kieselerde suspendirt. Wir werden im Folgenden unter Thon die Masse verstehen, welche durch vorsichtiges Abschlemmen erhalten wurde, also ein, freilich unbestimmtes, Gemisch von kieselsaurer Thonerde mit Kieselerde. Ein geschlemmter Porzellanthon bestand z. B. aus 71,42 Kieselsäure und 26,07 Thonerde, nebst 1,93 Eisenoxyd, 0,13 Kalkerde und 0,45 Kali.

Man hat nun Thonboden denjenigen genannt, welcher 60 Procent und darüber abschlemmbaren Thon enthält. In einem cultivirbaren Boden wird der Thongehalt nicht über 80 Procent steigen dürfen. Fällt derselbe unter 60 Procent, so nennt man die Erde Lehmboden; unter 30, sandigen Lehmboden; und unter 20, lehmigen Sandboden. Würde man in solchen Bodenarten den wirklichen Thonerdegehalt bestimmen, so würde man vielleicht mitunter in einer als Thonboden bezeichneten Erde weniger Thonerde finden als in einem Lehmboden; dagegen natürlich in ersterer bedeutend mehr abschlemmbare Kieselerde, als in letzterem. Die Praxis des Ackerbaues unterscheidet den Thonboden, als den zähen, schwer zu bearbeitenden, von dem Lehmboden, als dem milderen, weniger plastischen. Je grobkörniger der beigemischte Sand, desto leichter nimmt das Gemenge den Charakter des Lehmbodens an.

Der Kalk kommt in den verschiedensten Verhältnissen mit Thon und Sand gemischt (Mergel) vor. Seine Menge steigt in der Mischung häufig bis auf 90 Procent. Besteht solcher Boden aus größeren, weniger leicht abschlemmbaren Kalkkörnern, so wird er Kalksand genannt.

Humus findet sich in jedem Ackerboden; seine Menge beträgt jedoch in den meisten Fällen nur ungefähr 2 Procent. Einen höheren

Gehalt erkennt man schon deutlich an der dunklen Färbung; steigt derselbe bis auf 6 und 8 Procent, so macht er den Boden schon zu einem humusreichen (humosen). Der Moder- und Torfboden enthält bis zu 80 und 90 Procent verbrennliche Substanzen.

Die vier genannten Stoffe bilden, in den verschiedensten Verhältnissen mit einander gemischt, (nebst dem Wasser) die Hauptmasse aller Ackererden, welchen sich die mineralischen Nahrungsmittel der Pflanzen in ungleichen, aber immer sehr zurücktretenden Mengen beigesellen.

Schließlich theilen wir noch die Analysen einiger fruchtbaren Bodenarten mit:

100 Gewichtstheile der wasserfreien Erden enthielten:

	1.	2.	3.
a) verbrennliche Stoffe:			
Kohlenstoff	1,810	1,03	1,290
Stickstoff	0,200	0,24	0,173
Wasserstoff, Sauerstoff	7,120	5,44	2,187
b) in verdünnter Salzsäure lösliche Stoffe:			
Chlor	0,003	Spur	0,005
Kohlensäure	0,063	0,08	2,328
Schwefelsäure	0,002	0,004	0,022
Phosphorsäure	0,009	0,026	0,014
Kieselsäure	—	—	0,196
Eisenoxyd, Manganoxyd	2,229	0,09	0,794
Thonerde	0,478	0,46	1,040
Kalkerde	0,595	0,36	3,169
Magnesia	0,085	0,09	0,043
Kali	0,027	0,06	0,113
Natron	0,006		0,006
c) in verdünnter Salzsäure unlösliche Stoffe:			
Kiefelsäure	63,642	81,42	85,816
Eisenoxyd	5,697	1,39	0,490
Kalkerde	0,940	1,27	0,222
Magnesia	2,234	1,49	—
Thonerde	10,948	3,21	1,403
Kali	2,645	1,92	0,088
Natron	1,267	0,61	0,276
	100,000	100,000	100,000.

Die durch ihre unvergleichliche Fruchtbarkeit berühmte Schwarzerde (Tscherno-sem) Süd-Rußlands war in drei verschiedenen Proben folgendermaßen zusammengesetzt:

	I.	II.	III.
Sand	51,84	53,38	52,72
Kieselsäure	17,80	17,76	18,65
Thonerde	8,90	8,40	8,85
Eisenoxyd	5,47	5,66	5,33
Kalkerde	0,87	0,93	1,13
Magnesia	—	0,77	0,67
Wasser	4,08	3,75	0,04
Phosphorsäure	0,46	0,46	0,46
Humus	10,42	8,65	7,96
	99,84	99,76	99,81.

8,9 Thonerde entsprechen 16,9 wasserfreier kieselsaurer Thonerde (worin 8,0 Kieselsäure), mit welcher die übrige von der Analyse nachgewiesene Quantität Kieselsäure, also 9,8 Theile mechanisch gemengt waren. Mit Hinzurechnung des abschlemmbaren Eisenoxyd und der Kalkerde, würde die Erde I gegen 30 bis 32 Procent abschlemmbare Thonmasse enthalten haben; also einen humusreichen Lehmboden darstellen.

Ueber die Bedeutung des Ackerbodens für die Vegetation.

Um Pflanzen zur vollkommenen Entwickelung gelangen zu lassen, bedarf der Boden einer Summe von Eigenschaften, welche im Folgenden näher besprochen werden sollen. *Fruchtbar* nennen wir denjenigen Boden, welchem jene Eigenschaften in einem hohen Grade zukommen. Die Fruchtbarkeit ist aber ein relativer Begriff, sie bezieht sich immer nur auf *einzelne bestimmte* Pflanzen; und derjenige Boden, welcher für *eine* Pflanze außerordentlich fruchtbar ist, wird für viele andere mehr oder weniger unfruchtbar sein: denn die Ansprüche, welche die verschiedenen Gewächse an den Boden machen, sind sehr ungleich und abweichend. Wir haben es hier natürlich nur mit den Agriculturpflanzen zu thun, und zu untersuchen, worin die Fruchtbarkeit der Aecker in Bezug auf jenen bestimmten Kreis von Gewächsen besteht.

Bei den Untersuchungen der Ackererden hat man bisher allgemein ihre chemischen Eigenschaften von den physikalischen unterschieden. Unter ersteren begreift man ihre chemische Zusammensetzung; unter letzteren eine Reihe von Eigenschaften, welche der passend gemischte Boden außerdem noch zur Hervorbringung von Pflanzen nothwendig besitzen muß. Eine solche Eintheilung scheint jedoch nicht ganz scharf und entsprechend durchgeführt zu sein; was aus den im Folgenden anzuführenden Thatsachen deutlicher hervortreten wird. Für die Beurtheilung der Fruchtbarkeit eines Bodens, sagt man, kommt es neben seiner chemischen Zusammensetzung hauptsächlich auf seine physikalischen Eigenschaften an. Zu den hervorragendsten physikalischen Eigenschaften eines fruchtbaren Ackerbodens rechnet man nun seine wasserhaltende Kraft, und behauptet, daß dieselbe für die Entwickelung der Pflanzen von großer Bedeutung sei. Offenbar aber gehört das Wasser ebensogut zu der chemischen Zusammensetzung eines Ackerbodens, wie jeder andere Bestandtheil desselben. Wenn eine Ackererde aber hinreichend Wasser enthält, so ist es für die darin wachsenden Pflanzen vollkommen gleichgültig, wie das Wasser hinein gekommen, oder wie es darin aufbewahrt wird; ebenso gleichgültig wie für dieselben der Ursprung der übrigen Bestandtheile ist. Wir wollen die Bedeutung der sogenannten wasserhaltenden Kraft durchaus nicht unterschätzen, insofern sie auf den Wassergehalt des Bodens theilweise bestimmend einwirkt; dieselbe ist aber keine unmittelbare für das Wachsthum der Pflanzen; und ziemlich untergeordnet für die Beurtheilung der Fruchtbarkeit der Aecker, wenn deren chemische Zusammensetzung, also auch deren Wassergehalt, vollständig bekannt ist. Es ist allerdings auch von wissenschaftlichem Interesse, die Felsarten zu kennen, aus denen der Ackerboden hervorgegangen ist, und wenn die Zusammensetzung dieses letzteren nicht weiter bekannt ist, so wird man sich aus der Natur jener Felsarten wohl mitunter einen ungefähren Begriff von derselben machen können. Ist aber die Zusammensetzung einmal genau bekannt, so hat für die Beurtheilung der Fruchtbarkeit des Ackers die Kenntniß ihres Ursprungs keine Bedeutung mehr. Ganz ebenso hat für jenen Zweck die Bestimmung der wasserhaltenden Kraft nur so lange einiges Interesse, als der wirkliche Wassergehalt des Bodens unbekannt ist. Freilich hat man bei der Untersuchung über die chemischen Eigenschaften, d. h. die Zusammensetzung des

Bodens, die Bestimmung des Wassergehaltes unterlassen; und in diesem Falle gewinnt die Kenntniß der wasserhaltenden Kraft allerdings an Bedeutung. Die Inconsequenz liegt dann aber darin, daß man das Wasser nicht zu den Bestandtheilen des Ackerbodens gerechnet hat. Und es scheint fast, als ob die Gewohnheit der Bestimmung der wasserhaltenden Kraft, die Unterlassung der weit wichtigeren Ermittelung des wirklichen Wassergehaltes verschuldet hat.

Wir wollen im Folgenden den Ackerboden ebenfalls von zwei Gesichtspunkten aus betrachten; aber nicht seine chemischen Eigenschaften den physikalischen gegenüberstellen; sondern alle diejenigen Bestandtheile, welche die Nahrungsmittel der Pflanzen ausmachen, trennen von dem Theile, welcher nach Abzug jener Bestandtheile übrig bleibt: also die unmittelbar nährenden Stoffe (Eigenschaften) den die Ernährung vermittelnden gegenüberstellen. Diese beiden Theile würden sich mithin ähnlich zu einander verhalten, wie in der Technik, oder bei der Darstellung chemischer Präparate die Rohprodukte zum Apparat, in welchem ihre Umwandlung bewirkt wird. Wie z. B. in der Spiritusbrennerei die Kartoffeln das Material bilden, aus welchem der Spiritus hervorgeht, die verschiedenen Apparate aber (mit Heizung ꝛc. natürlich) vollkommen nothwendig zur Production und Gewinnung desselben sind; ebenso bilden die Nahrungsstoffe das Material für die Bildung der Pflanzen, und der übrige Theil der Ackererde mit seinen weiter zu besprechenden Eigenschaften den Apparat, in welchem die Umwandlung vor sich geht, und durch welchen dieselbe bedingt wird.

Was zunächst die Nahrungsstoffe betrifft, so machen sie, wie wir gesehen haben, nur einen sehr kleinen Theil von dem Gewichte der Ackererden aus, den genau zu bestimmen, selbst die vorhandenen Analysen nicht erlauben, da sie nicht angeben, welche Quantität davon in dem Boden sich in vollkommen gelöstem Zustande befand. Diejenigen Substanzen dürfen aber jedes Mal nur als Nahrungsstoffe bezeichnet werden, welche sich in einem solchen gelösten Zustande befinden, daß sie in die Pflanzen eindringen und dieselben wirklich ernähren können. Das Kali, so lange es einen Bestandtheil des unlöslichen Feldspath ausmacht, kann möglicher Weise einmal nach Zersetzung des Minerals ein pflanzennährender Stoff werden; aber in dem dermaligen Zustande ist es für die directe Ernährung vollkommen gleichgültig. Die disponiblen, wirksamen Nahrungsmittel haben wir also in dem

flüssigen Theile des Bodens (der Bodenflüssigkeit) zu suchen, und die Zusammensetzung dieses als maßgebend für die jedesmaligen nährenden Eigenschaften des Bodens zu betrachten.

Es ist schon früher darauf aufmerksam gemacht worden, daß die Concentration der Nahrungsmittellösung von der größten Bedeutung sei für die Ernährung der Pflanzen; weil dieselbe, wie sie ist, in die Zellen eindringt, und hier natürlich die Concentration, also die Menge der Berührungspunkte der auf einander einwirkenden Verbindungen, regelnd auf die in einer gewissen Zeit vor sich gehenden Entstehung von Pflanzensubstanz einwirken muß. Wir kennen die von den einzelnen Pflanzen geforderte Concentration ihrer Nahrungsstoffe noch durchaus gar nicht; weil man von der Ansicht ausgehend, daß die Gewächse ihre Nahrungsmittel nur in einer ganz bestimmten Concentration ihrer Lösung aufnehmen könnten, und daß diese auf der einen Seite durch die Menge des abgedunsteten und assimilirten Wassers, und auf der anderen Seite durch die in die Substanz der Pflanzen eingegangenen Stoffe bestimmt sei; weil man in dieser irrigen Voraussetzung specielle Untersuchungen anzustellen, nicht für nöthig erachtete. Nicht einmal die Annahme, daß das Mischungsverhältniß der einzelnen Nahrungsstoffe in ihrer Lösung am passendsten dem Verhältnisse entspräche, in welchem sie zur Ernährung der Pflanzen verbraucht werden, ist factisch begründet. Es wäre möglich, daß diejenigen unorganischen Substanzen, welche nur in geringer Menge in den Pflanzen vorkommen, dennoch nur in einer ziemlich concentrirten Lösung assimilirt werden könnten; und mithin auch in der Bodenflüssigkeit in nicht unbedeutender Quantität gelöst sein müßten.

Mehrere der pflanzlichen Nahrungsstoffe, wie die kohlensauren und phosphorsauren Kalk- und Magnesiasalze, sind in reinem Wasser unlöslich; sie werden durch Kohlensäure, und die phosphorsauren Erden in noch höherem Grade durch Ammoniaksalze gelöst. Die Gegenwart dieser Lösungsmittel ist also ebenso nothwendig, wie die der Nahrungsstoffe selbst, welche letzteren im ungelösten Zustande für die Ernährung der Pflanzen nicht einmal die Bedeutung haben, die den rohen Getreidekörnern oder Kartoffeln für die Ernährung der Menschen zukommt. Die Quantität solcher ungelösten Nahrungsstoffe der Ackererden hat natürlich ihren vollen Werth, und ist bei der Beurtheilung ihrer Fruchtbarkeit im Allgemeinen nicht zu übersehen, weil sie in den

gelösten Zustand übergeführt werden können; wo es sich aber um Bestimmung der augenblicklichen Fruchtbarkeit, oder des Einflusses, welchen die Quantität der Nahrungsmittel auf die Vegetation ausübt, handelt, da wird natürlich nur auf die Menge der disponiblen Nahrungsstoffe, d. h. der gelösten, und auf die Concentration ihrer Lösung Rücksicht genommen werden können.

Die Bestimmung der Quantität und Zusammensetzung der den Pflanzen zugänglichen Nahrungsmittellösung in den Ackererden ist außerordentlich schwierig; denn abgepreßt, oder sonst wie, ohne Anwendung von verändernden Lösungsmitteln, ausgezogen, kann sie nicht werden. Ihre Zusammensetzung hängt, wie wir gesehen haben, ab 1) von den vorhandenen Nahrungsmitteln, 2) vom Wasser und 3) von den übrigen Lösungsmitteln (der Kohlensäure und den Ammoniaksalzen). Aber selbst mit der genauen Bestimmung jener Stoffe ist keine vollkommene Einsicht in die vorhandene, den Pflanzen zu Gebote stehende Lösung gewonnen. Es bliebe noch die Ermittelung der Quantität desjenigen Wassers übrig, welches an der Oberfläche der Erdtheilchen adhärirend, diese gleichsam als feste Hülle umgiebt, und daher von der beweglichen assimilirbaren Lösung getrennt und abgezogen werden muß. Vielleicht besteht jene Hülle nicht blos aus reinem Wasser, sondern aus einer Lösung von Salzen, welche der übrigen Ackerflüssigkeit in ihrer Zusammensetzung nicht gleich zu sein braucht. Die Quantität solcher den Pflanzen nicht zugänglichen Lösung ist abhängig von der Größe der Erdtheilchen und von deren Qualität. Sie wird also nicht bestimmt durch den Raum, welchen die Summe der mit Flüssigkeit erfüllten Poren einnimmt, sondern durch die Ausdehnung der Fläche, welche die Wände der Poren darstellen; sie nimmt daher mit der Feinheit der Erdkörner und der Poren zu, und ist in Folge dessen, abgesehen von dem Einfluß der ungleichen Qualität der Stoffe, bedeutend größer in dem feinen Thon, als in dem grobkörnigen Sand, und noch größer vielleicht in dem stark zersetzten Humus.

Wir haben diese Verhältnisse hier ausführlich besprechen müssen, um zu zeigen, wie schwierig es ist, durch die Analyse eines Bodens dessen ernährende Kraft (wenn wir so sagen dürfen), d. h. die Wirkung seiner Nahrungsstoffe zu bestimmen; und wie weit man durch die bisher befolgte Methode der Analyse der Ackererden von dem vorgezeichneten Ziele entfernt bleiben mußte. Man hat sich damit begnügt,

diejenigen Nahrungsstoffe zu bestimmen, welche durch eine verdünnte Säure der Erde entzogen werden. Auf solche Weise könnte im glücklichsten Falle doch nur die vorhin unter Nr. 1 aufgeführte Bedingung für die Kenntniß der Nahrungsflüssigkeit erfüllt werden. Die wichtige Bestimmung des Wassergehaltes ist völlig unterblieben, und die auflösende Kraft der angewandten Säure höchst willkürlich der auflösenden Wirkung der im Boden vorhandenen Kohlensäure und der Ammoniaksalze gleichgesetzt.

Wie wenig selbst die genaue Kenntniß der im Boden vorhandenen löslichen Nahrungsmittel zur Beurtheilung seiner nährenden Kraft genügt, geht daraus hervor, daß nach dem früher Gesagten zwei, in Betreff ihrer übrigen Verhältnisse gleiche Erden, von denen die erste doppelt so viel lösliche Nahrungsstoffe enthält als die zweite, aber zugleich auch doppelt so viel Wasser, so lange ganz gleiche nährende Eigenschaften besitzen müssen, als die Lösungen einander gleich bleiben; (vorausgesetzt aber, daß die größere Nässe der ersten Erde nicht anderweitig hinderlich ist, und daß die Bewegung der Nahrungsmittellösung nach den absorbirenden Wurzeln hin in der zweiten rasch genug ist, um nie einen Mangel eintreten zu lassen). Nasse Aecker werden daher im Allgemeinen *mehr* Nahrungsstoffe erfordern, als trocknere.

Außer den gelösten, für die Ernährung der Pflanzen unmittelbar verwendbaren (disponiblen) Nahrungsstoffen des Bodens verdienen, wie gesagt, die ungelösten, und noch mit anderen Bestandtheilen verbundenen (in den Mineralien und dem Humus), unsere Beachtung; insofern sie durch fortschreitende Zersetzung in lösliche Nahrungsstoffe übergehen. Die Schnelligkeit, mit welcher diese Zersetzung vor sich geht, hängt einestheils von der Natur der Verbindungen selbst, andererseits aber ebenso von den vorhandenen äußeren Verhältnissen ab; ihre Ausmittelung, welche offenbar für die Bestimmung der Fruchtbarkeit eines Bodens von der größten Wichtigkeit wäre, ist mit außerordentlichen, zur Zeit kaum zu überwindenden, Schwierigkeiten verknüpft.

Wenn nach dem Vorhergehenden alle verwerthbaren Nahrungsstoffe in der Flüssigkeit der Ackererden zu suchen sind, so dürfen dagegen nicht *alle* in dieser Flüssigkeit vorkommenden Substanzen als Nahrungsmittel angesehen werden. Es giebt viele *lösliche* organische Verbindungen, stickstofffreie und stickstoffhaltige, welche keine Nahrungsmittel sind. Manche, wie z. B. die gelb und braun gefärbten sauren

Humusextracte, wirken direct giftig. Man ist bei seinen Folgerungen mitunter in große Irrthümer verfallen, indem man jene Thatsache aus den Augen ließ. Es kann von solchen löslichen Stoffen sogar nicht einmal behauptet werden, daß sie durchweg rascher in Zersetzung, und dadurch in Nahrungsstoffe, übergehen, als die unlöslichen.

Zu den Nahrungsmitteln des Bodens gehört auch ein Theil des darin vertheilten Wassers, insofern dessen Wasserstoff und Sauerstoff assimilirt wird. Der bei weitem größere Theil des Wassers hat jedoch eine andere, als direct nährende Bedeutung. Dasselbe wird gebraucht zur Lösung und Verdünnung der Nahrungsmittel; zum Ersatz des von den Pflanzen abgedunsteten Wassers; zur Regulirung der Temperatur des Bodens, und zur Herstellung anderer nothwendiger Eigenschaften desselben, von denen später die Rede sein wird.

Die Quantität des Wassers in den Ackererden hängt von vielerlei, schon früher erwähnten, Bedingnissen ab: von der Menge der atmosphärischen Niederschläge; von der Zeit, während welcher sie fallen; von der Häufigkeit der Niederschläge (ob sie in kurzen starken Regengüssen, oder in anhaltenden, sich häufig wiederholenden Staubregen, oder in Thau ꝛc. bestehen); von den die Verdunstung im Allgemeinen regulirenden Verhältnissen; von der wasserhaltenden Kraft des Erdbodens; von dem Widerstand, welchen der Boden der Verdunstung des in ihm enthaltenen Wassers entgegensetzt; von den Lagerungsverhältnissen, namentlich dem Verhältnisse, in welchem die wasserdurchlassenden Schichten zu den nicht durchlassenden stehen (den Umständen also, welche die Zuführung des Quellwassers, und des durch Capillarität gehobenen bedingen); von der Nähe der Seen und Flüsse, und der Natur ihrer begrenzenden Ufer ꝛc.

Wo die bedingenden Verhältnisse so verwickelt auftreten, wie hier, da wird man wahrlich nicht daran denken können, dieselben zu bestimmen, und aus ihnen auf den wirklichen Wassergehalt der Erden zu schließen. Man wird also bei den Untersuchungen über die Fruchtbarkeit der Ackererden immer weit einfacher und sicherer zu Werke gehen, wenn man direct die Quantität Wasser bestimmt, welche sie in der Wirklichkeit enthalten. Es bedarf hier allerdings auch einer Reihe von Bestimmungen, um sowohl den durchschnittlichen Feuchtigkeitsgehalt, als die Grenzen, innerhalb welcher derselbe bei nasser und trockener Witterung sich ändert, kennen zu lernen. Was nützt es aber, allein

die wasserhaltende Kraft der Erden zu bestimmen? Es kommt nicht darauf an, zu wissen, welche Quantität Wasser dieselben halten können, sondern welche sie in der That enthalten; und beide Werthe können in jeder beliebigen Entfernung von einander liegen.

Es muß für jede Bodenmischung und jedes Klima einen bestimmten Wassergehalt der Erden geben, bei dem sich die einzelnen Pflanzen am besten entwickeln; es muß zwei Grenzen geben, sowohl ein Maximum, als ein Minimum des Wassergehalts, über welche hinaus sich die Pflanzen gar nicht mehr entwickeln (alle diese Werthe ändern sich für die verschiedenen Pflanzen). Da man sich aber bisher mit der Bestimmung der wasserhaltenden Kraft u. s. w. begnügt, und den wirklichen Wassergehalt nur in einzelnen ungenügenden Fällen erforscht hat, so können wir auf diese Fragen keine nur einigermaßen ausreichende Antwort geben. So viel aber steht von vorne herein fest, daß nicht alle Poren der Erde ganz mit Wasser gefüllt sein dürfen; weil dadurch der nothwendige Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffes, wenn nicht vollständig abgeschlossen, so doch bedeutend erschwert und gehemmt werden würde. Wo freier Abfluß für alles durch hydrostatischen Druck bewegliche Wasser möglich ist, da können nur diejenigen Erdmischungen in allen ihren Poren mit Wasser erfüllt bleiben, welche so feinkörnig sind, daß sie nur Capillarräume innerhalb ihrer Masse enthalten.

Die pflanzlichen Nahrungsmittel bilden den kleinsten Theil vom Gewichte des Ackerbodens; der übrige feste Theil, welcher aus den nicht direct nährenden, aber die Ernährung vermittelnden und bedingenden Bestandtheilen, namentlich dem Sand, dem Thon (Lehm), dem Humus und Kalk gemischt ist, stellt die eigentliche Hauptmasse desselben dar. Zwischen beiden Theilen, sowohl dem einen als dem anderen angehörend, steht das Wasser.

Worin besteht nun die Bedeutung der nicht direct ernährenden Hauptmasse des Ackerbodens, und welche Forderungen sind an ihr Zwecks der Pflanzenproduction zu stellen?

Der Boden ist zunächst das Medium, in welchem sich die Pflanzen einer Seits ausbreiten und befestigen; er ist außerdem das Reservoir der Nahrungsmittellösung. Um diesen beiden Anforderungen genügen zu können, muß er bis zu einem gewissen Grade gepulvert sein, damit sowohl die Pflanzenwurzeln, als die Nahrungslösung ihn durchdringen können; die feinkörnige Masse muß eine solche Festigkeit und einen

solchen Zusammenhang besitzen, daß die darin ausgebreiteten Wurzeln sich dermaßen befestigen können, daß sie die Pflanzen aufrecht erhalten, und der Kraft, welche dieselben umzubrechen, oder auszureißen strebt, einen gewissen Widerstand entgegensetzen. Der fruchtbare Ackerboden muß also porös, locker, und dabei doch von einem gewissen Zusammenhange sein. Er muß außerdem eine hinreichende Temperatur besitzen, und sich in einer solchen Lage befinden, daß der Zutritt des Sonnenlichtes ihm nicht verwehrt ist.

Es fragt sich nun, ob ein Boden, welcher 1) aus allen Nahrungsmitteln; 2) aus Wasser (beide in passender Menge), und 3) aus einer Masse mit den so eben aufgeführten Eigenschaften zusammengesetzt ist, unter allen Umständen fruchtbar sein muß; ob, um es bestimmter auszudrücken, die unter 3 genannte Masse nur der Träger jener Eigenschaften zu sein braucht, im Uebrigen aber eine Qualität besitzen mag, welche sie wolle. Ob es also gleichgültig ist, ob der Träger solcher bestimmten Eigenschaften aus reinem Quarz, aus Thon, aus Humus, aus Kalk, oder aus irgend welcher beliebigen Mischung derselben besteht; oder ob, außer den bekannten und aufgeführten Eigenschaften, noch andere für das Gedeihen der Pflanzen nothwendig erfordert werden; und zwar solche, welche einem oder dem anderen der Stoffe specifisch zukommen; mit einem Worte, ob es sich bei der Beurtheilung des die Ernährung vermittelnden Theiles der Ackererden nur um einige allgemeine mechanische und physikalische Eigenschaften, oder auch um die chemische Zusammensetzung handelt. Kann der Sand den Thon, der Thon den Humus, oder der Kalk den Sand ersetzen? das ist hier die Frage. Wohlverstanden in den die Ernährung vermittelnden Eigenschaften; bei Gegenwart also von einer genügenden Nahrungsmittellösung (und einer hinreichenden Wassermenge).

Untersuchungen zur Entscheidung der Frage, ob die festen Hauptbestandtheile noch durch andere, als die genannten Eigenschaften bei der Entwickelung der Gewächse mitwirken, sind schon aus dem Grunde nicht wohl anzustellen, weil dem Quarzsand, dem Thon, Humus und Kalk eine gleiche mechanische Beschaffenheit gar nicht gegeben werden kann. Und wenn es auch schon von großem Interesse wäre, den Einfluß kennen zu lernen, welchen die Mischungen der unlöslichen, nicht nährenden Erdarten auf die Entwickelung der Culturpflanzen

ausüben, wenn in ihnen Nahrungslösung, Wasser, Wärme, Licht vollkommen gleich vertheilt sind; so werden selbst diese Verhältnisse in der Natur kaum gleich vertheilt vorkommen. Denn in der Wirklichkeit hängt von dem Mischungsverhältnisse der nicht nährenden festen Bestandtheile nicht nur die physikalische Beschaffenheit des Ackerbodens, sondern auch der Wassergehalt und sogar der Gehalt an Nahrungsstoffen in hohem Grade ab. Wir werden im Folgenden den Einfluß, welchen die vier Hauptbestandtheile des Ackerbodens in dieser Beziehung ausüben, etwas näher betrachten.

Der Quarzsand stellt immer ein vergleichsweise grobkörniges Pulver dar, dessen einzelne Theilchen weder eine erhebliche Adhäsion zu einander, noch zum Wasser haben, und deshalb leicht gegen einander beweglich und von einander trennbar sind. Der Quarzsand bildet aus diesem Grunde eine lockere, mit größeren Poren erfüllte Masse, welche der atmosphärischen Luft leichten Durchgang gestattet, welche der Bewegung des Wassers zwischen ihren Theilen keinen großen Widerstand entgegensetzt, welche leicht austrocknet, leicht erwärmt wird ꝛc. Alles Eigenschaften, die sich großentheils wechselseitig bedingen. Aus ihnen folgt, daß der reine Sandboden, wenn er nicht eine niedrige Lage hat, und von unten durch Capillar-Attraction aus den Gewässern, oder durch Quellen Wasser zugeführt erhält, Mangel an Feuchtigkeit leiden muß; deren Quantität übrigens in demselben abhängig ist von all' den früher aufgeführten Bedingnissen, namentlich auch von den Lagerungsverhältnissen, dem Verhältniß zu etwa vorhandenen undurchlassenden Schichten des Untergrundes ꝛc. Die wasserhaltende Kraft des Sandes steigt, wie schon angeführt, mit der Kleinheit des Kornes. Der grobkörnige Sand vermag weniger Wasser aufzunehmen, und läßt es leichter wieder verdunsten, als der feinkörnige. Dessenungeachtet leiden die Pflanzen in ganz feinkörnigem Sande mitunter mehr an Dürre, als in grobkörnigerem; und die Ursache davon ist gerade die größere wasserhaltende Kraft des ersteren. Wenn in heißen Jahreszeiten ein starker Regen fällt, so nimmt ihn die oberste Schicht des feinen Sandes vollständig auf, und es gelangt keine Spur davon an die tiefer liegenden Pflanzenwurzeln; wenn trockenes Wetter folgt, so ist in einigen Stunden alles Regenwasser wieder verdunstet. Von dem grobkörnigeren Sande wurde während der Zeit eine weit tiefere Schicht durchnäßt; und wenn auch später die Oberfläche leichter abtrocknet, als beim fein-

körnigen, so bleiben die tieferen Schichten doch einige Zeit durch die darüber liegenden der Verdunstung gegenüber geschützt. Die Pflanzen werden also in solchen Fällen im grobkörnigeren Sande mehr von dem atmosphärischen Wasser zugeführt bekommen, als in dem feinkörnigen. Dagegen saugt der feinkörnige Sand durch die Kraft der Capillar-Attraction von unten mehr Wasser auf, und giebt dasselbe in seinen tieferen Schichten nicht so leicht durch Verdunstung ab, als der grobkörnige.

Das Verhältniß des Sandes zu den Nahrungsmitteln ist ein ähnliches, wie dasjenige zum Wasser. Von Natur enthält er äußerst wenig nährende Stoffe, weil er aus Quarz, dem wenig fremde Substanzen beigemengt sind, hervorgegangen, und weil die aus den übrigen Mineralien durch Zersetznng entstandenen nährenden Stoffe (eben weil sie durch chemische Zersetzung gebildet) sehr feinpulverig sind, und vom Wasser nicht an den Stellen abgelagert werden, wo dasselbe den Quarzsand fallen läßt. Indessen giebt es wohl kaum einen Sand, dem nicht doch kleine Quantitäten von Nahrungsstoffen beigemischt wären. Bringt man in den sandigen Boden künstlich Dünger hinein, so wird die Substanz desselben, welche der ungehinderten Wirkung des Sauerstoffes der Luft ausgesetzt ist, sehr bald vollständig zersetzt, d. h. in Wasser, Kohlensäure, Ammoniak und die Aschenbestandtheile aufgelöst. Die flüchtigen Zersetzungsprodukte, die Kohlensäure und das Ammoniak verdunsten mit dem Wasser, und die Aschenbestandtheile werden, so weit sie löslich sind, in den nassen Jahreszeiten tiefer in den Boden hinabgewaschen. Eine Haupturfache der Unfruchtbarkeit des Sandbodens ist also der Umstand, daß er die Nahrungsstoffe der Gewächse nicht festzuhalten vermag; ein Fehler, welcher dem Sande in um so höherem Grade zukommt, je grobkörniger er ist: weil mit der gröberen Körnung die weiteren (nicht capillaren) Poren zunehmen, und dadurch die Bewegung der Luft und des Wassers erleichtert wird. Humus kann sich in einem reinen Sandboden selten anhäufen, weil die Zersetzung der organischen Substanzen rasch eine vollständige wird.

Was die mechanische Beschaffenheit des Sandes betrifft, so ist sie wegen ihrer Lockerheit eben nicht geeignet, jeder Pflanze hinreichende Stütze und Anheftungspunkte zu gewähren.

Alle die aufgeführten, dem Wachsthum der Pflanzen ungünstigen Eigenschaften des Sandes werden in hohem Grade zu seinem Vortheil geändert durch die alleinige Zufuhr einer hinreichenden Quantität von

Waſſer. Der feuchte feinkörnige Sand beſitzt eine nicht ganz unbedeutende Anziehung zu den Nahrungsſtoffen. Ganz ſchmutziges Waſſer wird, durch Sand filtrirt, rein; die Trinkwaſſer in großen Städten werden auf ſolche Weiſe aus den ſehr unreinen Flußwaſſern bereitet. Der Zutritt und Durchgang der Luft durch die theilweiſe mit Waſſer angefüllten Poren iſt bedeutend gehindert; die Erwärmung gemildert. Die pflanzlichen Stoffe zerſetzen ſich daher weniger raſch, und bilden Humus; die gebildeten flüchtigen Zerſetzungsprodukte, können nicht ſo leicht entweichen. Ebenſo verleiht das Waſſer dem Boden eine größere Zähigkeit und Feſtigkeit, ſo daß er dadurch auch in mechaniſcher Hinſicht für die Entwickelung der Pflanzen tauchlicher wird.

Wird der größere Feuchtigkeitszuſtand des Sandes durch dicht darunter liegende, den Abfluß hindernde undurchlaſſende Schichten bedingt; ſo wird er während häufiger Regengüſſe gewöhnlich zu naß, und während anhaltender Dürre wieder häufig zu trocken; und er iſt alſo in ſolchem Falle weniger tauglich für den Pflanzenbau. Wird aber das Waſſer durch eine günſtige Lage gleichmäßig von unten zugeführt; ſei es durch Quellverhältniſſe, oder durch reine Capillar-Attraction aus ſtetigen Waſſeranſammlungen: ſo enthält dieſes Waſſer alle die nährenden Subſtanzen, welche es (wenn es aus Seen oder Flüſſen ſtammt) ſchon aufgelöſt hatte, und daneben alle diejenigen, welche es bei ſeinem Durchgange durch die Erdſchichten noch auflöſte. Wenn die Quantität des auf ſolche Weiſe den oberen Schichten eines Sandbodens zugeführten Waſſers gerade nicht zu groß und nicht zu klein iſt; ſo ſind in demſelben alle Bedingungen zu einer fortdauernden Fruchtbarkeit für gewiſſe Pflanzen gegeben. So ſehen wir häufig an den Ufern der Seen und Flüſſe üppigen Graswuchs auf reinem Sande, welcher ſich durch die abgeſtorbenen Pflanzentheile allmälig mit einer immer wachſenden Schicht von Humus bedeckt; und dadurch auch zum Anbau mancher Culturpflanzen fortwährend geſchickter wird. Durch die Auflockerung vermittelſt der Ackerwerkzeuge wird aber dann die vollſtändige Zerſetzung einer größeren Quantität Humus veranlaßt, und ſo deſſen fernere Anſammlung entweder ganz gehindert, oder doch wenigſtens verlangſamt.

Ein Theil des Waſſers vertritt bei ſolchen günſtigen Verhältniſſen in gewiſſer Beziehung die Gegenwart von Thon und Humus in der Ackermiſchung.

Auf einen Umstand möchten wir hier gleich noch aufmerksam machen: daß nämlich, wenn in trockenen Jahreszeiten die Pflanzen auf einem Sandboden welken und gelb werden, dies nicht immer unmittelbar eine Folge von fehlendem Wasser ist. Denn man sieht zu gleicher Zeit auf demselben Boden, welcher nur mehr gedüngt war, die Pflanzen straff und ohne Anzeichen von Wassermangel. Und das kommt nicht etwa daher, daß der aus dem Dünger hervorgegangene Humus den Wassergehalt des Bodens vergrößert hat: denn es finden ganz dieselben Erscheinungen statt, wenn der Boden mit künstlichen, fast gar keinen Humus liefernden, Düngungsmitteln bereichert worden war. Das Welkwerden der Pflanzen mag hier von dem Mangel an Ammoniak und Kohlensäure herrühren, welche beide in der Hitze um so mehr verflüchtigt werden mußten, je mehr der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens abnahm. Auch sieht man von zwei nebeneinander stehenden ungleichen Pflanzen mitunter die eine welken, die andere nicht, obgleich sie allem Anscheine nach gleich viel Wasser abdunsten.

Der Thon besitzt fast durchgehends solche Eigenschaften, welche denjenigen des Quarzsandes gerade entgegengesetzt sind. Er besteht aus außerordentlich kleinen Theilchen, welche zum Wasser eine große Anziehungskraft besitzen, und im feuchten Zustande stark aneinander adhäriren; aus welchen Eigenschaften die Erscheinung der Plasticität hervorgeht.

Der Thon nimmt eine große Quantität Wasser in sich auf, und läßt dasselbe nicht leicht wieder verdunsten. Da er nur sehr enge Poremräume enthält, so werden dieselben alle durch das capillarisch festgehaltene Wasser angefüllt; und somit ist das Eindringen des atmosphärischen Sauerstoffes sehr gehindert. In diesem Zustande können Pflanzen natürlich nicht in ihm fortkommen. Wenn man Pflanzenstoffe hineinbringt, so werden dieselben langsam in Humus verwandelt, und der gebildete Humus lange vor dem Angriff der Luft geschützt und conservirt. Alle löslichen Nahrungsstoffe der Pflanzen, auch das Ammoniak, werden von ihm stark angezogen und vor der Verflüchtigung und dem Fortwaschen bewahrt. In der Masse des Thons finden sich, als mit ihm zugleich entstanden und abgelagert, andere Zersetzungsprodukte solcher Mineralien, welche viele pflanzennährende Stoffe, vorzüglich aber das Kali enthalten, und durch weiter fortschreitende Verwitterung in Freiheit setzen.

Wie viele Nahrungsstoffe der Thon aber auch immer in sich bergen mag, so machen ihn doch die schon angeführten und noch anzuführenden Eigenschaften in seinem reinen Zustande völlig untauglich für die Production von Pflanzen.

Der bei nasser Witterung breiartige Thon trocknet bei anhaltender Dürre zu einem festen Stein zusammen; dabei wird er von vielen Rissen und Spalten durchzogen; eine Erscheinung, welche in ähnlichem Maße auch der Frost des Winters hervorbringt.

Wird der Thon gebrannt und wieder gepulvert, so hat er einen großen Theil der genannten, dem Wachsthum der Pflanzen hinderlichen Eigenschaften verloren; theils deshalb, weil er chemisch verändert worden, theils aber auch, weil er nicht wieder so fein gepulvert werden kann, als er es vor dem Brennen war.

Da die ungünstigen Eigenschaften des Sandes und des Thones einander diametral entgegengesetzt sind, so müssen dieselben in der Mischung beider paralysirt werden. Wenn man unter Thon die chemische Verbindung der Kieselsäure und Thonerde versteht, so wird ein Boden erst tauglich für den Anbau von Culturgewächsen, wenn er etwa zur Hälfte aus Thon und zur anderen Hälfte aus Sand gemischt ist. Versteht man aber den feinen abschlemmbaren Theil der Erden darunter, so kann er schon culturfähig sein, wenn er nur 20 Procent Sand enthält. Die mechanische Beschaffenheit des Thons, sowie des Sandes machen hier natürlich bedeutende Unterschiede. Die Eigenschaften des Thons sind so hervortretend, daß sie diejenigen des Sandes, selbst in Mischungen, welche weit über die Hälfte Sand enthalten, stark verdecken. Ein Boden, welcher 20, ja welcher nur 10 Procent Thonerde enthält, ist noch ein fruchtbarer, und zeigt die Eigenschaften des Thons noch in seiner äußeren Erscheinung sehr deutlich. Ein Boden, welcher 40 Procent Sand enthält, steht schon an der Grenze, wo die *störende* Beschaffenheit des Thons überwiegend ist. Da man die Erde, welche etwa aus gleichen Theilen Thon und ziemlich grobkörnigem Sande besteht, *Lehm* nennt, so ist der Lehmboden passender für den Anbau von Pflanzen als der Thonboden.

Es giebt sandige Lehmarten, welche das Regenwasser durchlassen, und im *feuchten* Zustande einen sehr milden, leicht zu beackernden Boden darstellen; welche aber trotz des großen Sandgehaltes dennoch in *trockenen* Zeiten fast so hart wie ein Stein werden. Man findet

in denselben gewöhnlich neben dem feinkörnigen Quarzsand eine Menge sehr kleiner Glimmerblättchen.

Das Gemisch von Thon und Sand ist durchdringbar genug für die Pflanzenwurzeln, und besitzt auch den gehörigen Grad von Zusammenhang, welcher für die Befestigung der Pflanzen erfordert wird.

Die Adhäsion der Nahrungsmittellösung an den Thontheilchen ist so groß, daß sie denselben schwierig, oder vielleicht auch gar nicht vollständig durch die Pflanzenwurzeln entzogen werden kann. Diese Erscheinung trägt mit dazu bei, daß ein ausgebauter Lehmboden erst durch bedeutende Düngerzufuhren wieder fruchtbar gemacht werden kann.

Der Humus besitzt, je nach dem Grade seines Zersetzungszustandes, sehr ungleiche Eigenschaften. Besteht er aus wenig zersetzten, stückigen und faserigen Pflanzenüberresten, so hat er zwar noch eine bedeutende wasserhaltende Kraft, trocknet aber zur Zeit der Dürre fast rascher und vollständiger aus, als der Quarzsand. Wegen seiner weiten Poren wird er vom Wasser leicht ausgewaschen, von der Luft leicht durchweht, und kann daher weder feste noch luftförmige Nahrungsstoffe anhalten. Folgt im Winter auf nasses Wetter schnell Frost, so wird er durch die gebildeten Eisnadeln weit auseinandergetrieben und oft mehrere Zoll hoch gehoben. Der Torfboden, den man schon beim Drüberhinweggehen an seiner Elasticität erkennt, reißt während der Sommerhitze stark auf. Durch die Beackerung mehr gelockert und gepulvert, bildet er bei nassem Wetter einen weichen Brei, der ausgetrocknet wieder in einen leichten Tuff übergeht.

Davon verschieden stellt der stark zersetzte Humus (Moder) im mäßig feuchten Zustande eine milde, lockere Masse dar, welche die größte wasserhaltende Kraft besitzt, und auch schwer austrocknet. Er ist sehr fein porös und hält sowohl die gelösten Salze, als besonders das Ammoniak mit großer Kraft zurück. Die durch fortschreitende Zersetzung in ihm frei werdenden Aschenbestandtheile und Ammoniak werden also zunächst zurückbehalten; und somit ist dieser Humus nicht arm an disponiblen assimilirbaren Nahrungsstoffen. Wegen seiner Lockerheit und häufig auch wegen Nässe ist er im reinen Zustande für die Culturpflanzen nicht geeignet. In seinen Beziehungen zum Wasser und den Nahrungsmitteln hat er Aehnlichkeit mit dem Thon, besitzt die betreffenden Eigenschaften aber in noch höherem Grade als letzterer.

Durch die allmälig erfolgende gänzliche Zersetzung wird aus dem Humus eine bedeutende Quantität Kohlensäure entbunden.

Sand mit Humus vermischt, giebt einen Ackerboden, welcher, was die Verhältnisse zum Wasser und zum Dünger betrifft, der Mischung des Sandes mit Lehm sich ähnlich verhält; wegen seiner Lockerheit eignet er sich jedoch nur zum Anbau bestimmter Pflanzen.

Mit Lehm und Thon gemengt, mildert der Humus deren zähe, bindige Beschaffenheit in hohem Grade. Die aus ihm entwickelte Kohlensäure wirkt sowohl mechanisch auflockernd auf die Bodenmasse, als zersetzend auf die eingeschlossenen Bruchstücke der Mineralien ein, und vermittelt zugleich die Lösung der kohlensauren und phosphorsauren Erden. Eine Mischung von Lehm und Humus besitzt meist vorzugsweise fruchtbare Eigenschaften, wenn nicht die Lagerungs- und klimatischen Verhältnisse ungünstig sind. Solcher Boden producirt also viel Pflanzensubstanz, und verwandelt den in ihm zurückbleibenden Theil derselben in Humus, dessen vollkommene Zersetzung nur langsam fortschreitet; er muß daher von Jahr zu Jahr reicher an Humus werden, und zwar je fruchtbarer er ist, desto schneller. Der größere Humusgehalt ist hier Folge der vorhandenen Fruchtbarkeit, und trägt dann, einmal gebildet, noch selbst zur Erhöhung derselben bei. Der ausübende Landmann hat daher in vielen Fällen Recht, wenn er die Fruchtbarkeit eines Bodens nach seiner Farbe, d. h. nach seinem Humusgehalt abschätzt.

Der kohlensaure Kalk besitzt ebenfalls, je nach der Feinheit seiner einzelnen Theilchen, sehr ungleiche Eigenschaften. Der grobkörnige Kalksand ist in noch erhöhtem Grade mit der ungünstigen Beschaffenheit des Quarzsandes behaftet. Das feine Kalkpulver nähert sich etwas mehr dem Thon; oder steht zwischen dem Sand und Thon, jedoch ohne erhebliche Bindigkeit zu besitzen. Einem Sandboden beigemischt, wird der feinkörnige Kalk also denselben etwas feuchter machen; den Thonboden wird er umgekehrt in einen trockneren und vor allen Dingen in einen weniger bindigen und zähen Zustand überführen.

Seine Auflösung in kohlensäurehaltigem Wasser befördert die Zersetzung der Mineralien; und auch die vollkommene Auflösung des Humus wird durch seine Einwirkung bedeutend beschleunigt. Wo also nährende Stoffe in unpassenden, unlöslichen Verbindungen existiren, da wird der Kalk ihre Ueberführung in den wirksamen Zustand befördern.

Wir sehen, daß die genannten vier Substanzen, welche die feste Hauptmasse des nicht direct nährenden Theiles der Ackererden bilden, von großem Einfluß auf den anderen Theil derselben sind; daß sie sowohl den Gehalt an Wasser, als an löslichen Nahrungsstoffen zum großen Theil bedingen. Es kann daher durchaus nicht Wunder nehmen, daß man früher, ehe diese Verhältnisse durch die Wissenschaft aufgeklärt worden waren, jenen Stoffen selbst die direct nährenden Eigenschaften zuschrieb.

Außer der Wirkung der Erdarten auf den Wasser- und Nahrungsmittelgehalt, ist deren mechanische Beschaffenheit von der größten Bedeutung. Auf die Wärme influiren dieselben zwar auch in gewissem Grade; hauptsächlich ist es aber das Wasser, welches hier modificirend einwirkt.

Nach den vorangehenden Erörterungen tritt uns hier nun die Frage entgegen, welches die günstigste Mischung des die Ernährung der Pflanzen vermittelnden Theiles der Ackererden sein mag. Wir haben diesen Theil den Apparat genannt, in welchem die Bildung der Pflanzensubstanz bewerkstelligt wird; müssen jedoch hier gleich daran erinnern, daß der Boden nur einen Theil des Apparates ausmacht, und daß den anderen Theil, die atmosphärische Luft darstellt. Diese beiden Theile müssen sich einander anpassen; wird der eine verändert, so muß, um eine gleichbleibende Wirkung hervorbringen zu können, auch der andere Theil darauf passend verändert werden. Ein Boden, welcher in einer bestimmten Gegend von ausgezeichneter Fruchtbarkeit ist, kann unter dem Einflusse eines anderen Klimas vollkommen unfruchtbar sein. Der Thonboden z. B., welcher unter einem warmen, trockenen Himmel ein richtiges Mischungsverhältniß besitzt, wird von einer feuchten Atmosphäre bedeckt, zu viel Thon, und zu wenig Sand enthalten; und wegen Nässe dem Pflanzenwachsthum ungünstig sein. Auf den Wassergehalt der Erden hat außer den klimatischen Verhältnissen, die geognostische Lagerung der Schichten einen bedeutenden Einfluß. Wenn es sich daher um die Feststellung der günstigsten Mischung des nicht direct nährenden Theiles der Ackererden handelt, so müssen wir entweder das Wasser als Mischungstheil mit berücksichtigen, und können dann die Frage für jedes gegebene Klima stellen; oder wir betrachten nur die vier festen Hauptbodenbestandtheile, und müssen alsdann das Mischungsverhältniß sowohl vom Klima, als von den

geognostischen Lagerungsverhältnissen abhängig machen. Erstere Weise würde jedenfalls weit angemessener und genauer sein. Da wir aber weder für den einen, noch für den anderen Fall einigermaßen bestimmte Angaben machen können, so werden wir uns hier auf ganz allgemeine Andeutungen beschränken müssen.

Für die Cerealien ist derjenige Boden am passendsten, welcher der Hauptsache nach aus Sand und Thon zusammengesetzt ist und mindestens einige Procente Humus und Kalk enthält. Bestimmtere Mischungsverhältnisse können nach obigem nicht angegeben werden. Es ist sehr wahrscheinlich, daß sich einzelne Bestandtheile der Bodenarten bis zu einem gewissen Grade gegenseitig vertreten können, daß im Thonboden z. B. der Sand theilweise durch Humus und Kalk; und in gewissen Bodenarten auch ein Theil des Thons durch Humus ersetzt werden können, ohne daß dadurch die fruchtbare Beschaffenheit derselben geändert würde. Unter den Cerealien ist es besonders der Weizen, der einen gewissen Thongehalt im Boden fordert, welcher durch keine andere Erdart ersetzt werden kann, ohne seine Entwickelung zu beeinträchtigen. Die übrigen sind weniger empfindlich, obgleich auch für sie ein lehmiger Boden fast immer am passendsten bleibt. Entbehren können den Thongehalt unter Umständen ganz und gar, oder doch wenigstens bis auf einen kleinen Theil, wenn er durch Humus ersetzt ist: die Kartoffel, einige Kohl- und Rübenarten (Raps, Rübsen), mehre Futterkräuter, als Klee, Timothee ꝛc. Für den Klee wird man vielleicht in der Regel einen kalkhaltenden Lehmboden fordern; indessen glauben wir auf sehr humusreichem Sandboden, wenn er in guter Dungkraft war, einen so üppigen Kleewuchs beobachtet zu haben, wie nur immer auf Lehmboden. Auch den Roggen haben wir auf einem weniger humosen Sandboden eine Ernte von 12 bis 14 Scheffeln vom Magdeb. Morgen liefern sehen. Andere Culturpflanzen, wie Buchweizen und Lupinen, verlangen geradezu einen Sandboden, und vertragen wenigstens keinen höheren Gehalt an Thon. Einen kalkhaltenden Boden lieben die meisten Hülsenfrüchte, besonders die Erbsen und Bohnen, ohne jedoch eine so beträchtliche Quantität davon zu verlangen, wie z. B. die Esparsette.

Betrachten wir die wildwachsende Flora, so werden wir auf jeder der vier Hauptklassen der Bodenarten, dem Sand-, Thon-, Kalk-, Humusboden bestimmte Pflanzen antreffen, welche in so

naher Beziehung zu denselben stehen, daß wir von dem Vorkommen der Pflanzen in gewissem Maße auf die Bodenbestandtheile schließen dürfen. Die Ursachen, welche die Pflanzen an bestimmte Bodenarten fesseln, sind sehr verschieden; und während die einen den Thonboden wegen seines Nahrungsmittel- und besonders wegen seines Kaligehaltes lieben, verdanken andere der Feuchtigkeit und noch andere der Bindigkeit des Bodens ihre Entwickelung. Wenn man z. B. die Pflanzen nach dem Wassergehalt der Bodenarten ordnen wollte, und diejenigen, welche einen nassen Boden erfordern, von denjenigen, welche auf einen mäßig feuchten, und denjenigen, welche auf einen trockenen Boden angewiesen sind, in Gruppen zusammenstellen wollte; so würden hier, ohne Rücksicht auf die übrige Zusammensetzung des Bodens, manche Pflanzen nebeneinander zu stehen kommen, welche vorhin als Thon-, Humus- oder Sandpflanzen von einander getrennt worden waren.

Wie für die wildwachsenden Pflanzen, so sind es auch für die Culturpflanzen verschiedene Eigenschaften der einzelnen Bodenklassen, welche deren vornehmliche Entwickelung bewirken.

Warum wächst z. B. der Weizen nicht mehr auf einem Boden, welcher noch eine gute Roggenernte erzeugt? Wir wollen hier, um die Betrachtungen zunächst in einen engeren Kreis einzuschließen, einen lehmigen Sandboden vor Augen haben; einen Boden also, welcher *unter Umständen* Weizen tragen kann. Die nächste Antwort auf die Frage wird wahrscheinlich die sein, daß der Boden für den Weizen nicht hinreichend Nahrungsmittel enthält: denn nach einer sehr reichlichen Düngung wird er auch eine gute Weizenernte liefern. Aber der Weizen enthält in seiner Masse ziemlich dieselben Elementarbestandtheile wie der Roggen; und diejenigen Nahrungsstoffe, welche zur Bildung einer reichlichen Roggenernte verbraucht werden, sind daher denen gleich, welche eine gute Weizenernte dem Boden entnommen hat. Der Grund, weshalb die fragliche Ackererde eine reichliche Roggenernte liefern kann, Weizen aber erst nach einer stärkeren Düngung trägt; liegt in dem vorliegenden Falle also nicht darin, daß die Quantität der vorhandenen Nahrungsmittel nicht derjenigen gleichkam, welche die Substanz des Weizen zusammensetzt; sondern lediglich darin, daß die *Concentration* der Nahrungsmittellösung nicht genügte.

Es kann nicht oft genug darauf aufmerksam gemacht werden, daß es nicht allein auf die Menge der Nahrungsmittel, sondern ebenso auf

die Concentration ihrer Lösung ankommt. Das Meer enthält eine außerordentlich große Quantität Jod in seiner ausgedehnten Masse aufgelöst; ja es enthält sogar eine erhebliche Menge Silber. Aber wir können beide, da ihre Lösung viel zu sehr verdünnt ist, nicht daraus gewinnen. Was nützt uns da die große Menge? Der hundertste Theil in einer concentrirteren Lösung wäre weit mehr werth. In einem Sandberge ist eine große Quantität von Nahrungsmitteln für die Pflanzen aufgespeichert; und es sollen dieselben auch durch einen aufsteigenden Capillaritätsstrom ihrer Lösung fortdauernd den Wurzeln der Gewächse zugeführt und dargeboten werden, so können sie dennoch trotz ihrer Masse nur ärmliche Pflanzen produciren; weil ihre Lösung viel zu wenig concentrirt ist.

Da die unassimilirte Nahrungsmittellösung innerhalb der Pflanzenzellen abhängig ist von der äußeren Ackerlösung, auch in ihrer Concentration; so ist es sehr wahrscheinlich, daß die Verbindungen, welche die Weizenpflanze zusammensetzen, unter den obwaltenden Verhältnissen nur aus einer concentrirteren Lösung der Nahrungsmittel hervorgehen können, als diejenigen des Roggens; oder daß wenigstens in ein und derselben Zeit, unter gleichen Verhältnissen von ersteren weit weniger entstehen, als von letzteren. Aehnlich wie etwa eine verdünnte Säure in einer gewissen Zeit viel Eisen aufzulösen vermag, aber nur sehr wenig Kupfer; und sehr viel concentrirter sein muß, wenn sie von letzterem eine gleiche Quantität in derselben Zeit lösen soll.

Wollte man die in Rede stehenden Verschiedenheiten in der Ernährung des Roggens und Weizens, vielleicht dadurch erklären, daß der erstere mehr Wurzelfasern besäße, als letzterer, und deshalb seinen Nahrungssaft leichter und schneller mit der äußeren Ackerlösung ins Gleichgewicht setzen und darin erhalten könne, als der Weizen; und daß dieser letztere, trotz der concentrirteren Lösung des Ackers, dennoch im Safte verhältnißmäßig nicht mehr Stoffe gelöst enthalte, als der Roggen, da er die assimilirten Nahrungsmittel nicht schnell genug wieder einführen könne: so ist dagegen einzuwenden, daß durch die Verdunstung die Pflanzen immer verhältnißmäßig mehr Wasser verbrauchen, als von den darin gelösten Stoffen; und daß also, wenn das Wasser rasch genug eingeführt werden kann, auch die darin gelösten Nahrungsstoffe rasch genug ersetzt werden müssen. Daß aber das Wasser rasch genug in die Weizenpflanzen eindringen kann, um das abgedunstete

und verbrauchte zu ersetzen, lehrt ja die Beobachtung, daß dieselben in dem gedüngten Boden, dessen Feuchtigkeitsverhältnisse durch die Düngung nicht verändert wurden, nicht welkten und sich überhaupt vollkommen entwickeln konnten. Wie dem aber auch sein mag, immer bliebe die Thatsache feststehen, daß unter den vorliegenden Verhältnissen, das Wachsthum des Weizens von einer concentrirteren Nahrungsmittellösung des Bodens abhängig ist, als dasjenige des Roggens.

Auf ähnliche Weise sind die Verschiedenheiten im Wachsthum der anderen Pflanzen häufig zu erklären. So vermag z. B. die Lupine in einer gegebenen Zeit einem Boden weit mehr Nahrungsstoffe zu entziehen, als der Roggen; von zwei Kartoffelsorten bedarf die erste einer Düngung, um auf einem Boden eine Ernte hervorzubringen, auf welchem die andere ohne Düngung ebensoviel Knollen erzeugt. So verlangt der Klee schon eine Düngung mit Kali, wenn die Kartoffel noch ohne eine solche, demselben Boden eine größere Quantität von Kali zu entziehen vermag, als der Klee zur vollkommensten Ausbildung in sich aufzunehmen braucht.

Es wäre sehr interessant, wenn anzustellende Versuche darüber entschieden, ob die Pflanzen, unter übrigens ähnlichen Verhältnissen, in den verschiedenen Bodenarten einer gleich oder ungleich concentrirten Nahrungsmittellösung bedürfen, um denselben Grad der Ausbildung zu erreichen. Ob also der Weizen vielleicht auf dem eigentlichen Weizenboden eine geringere Concentration der Nahrungslösung verlangt, als auf dem vorhin besprochenen sandigeren Roggenboden; in welchem Falle die Concentration der Nahrungsmittel die physikalischen Eigenschaften eines Antheils Thon in der Bodenmischung ersetzen könnte; oder ob der größere Thongehalt hauptsächlich nur durch seinen Einfluß auf den Gehalt an Nahrungsstoffen wirkt. Daß bei günstigen klimatischen Verhältnissen eine verdünnte Nahrungsmittellösung (bis zu einem gewissen Grade) dieselbe Menge von Pflanzensubstanz in derselben Zeit erzeugen könne, als concentrirtere Lösungen bei ungünstigeren Witterungsverhältnissen, ist schon oben angeführt worden. Ein Boden trägt das eine Jahr im ziemlich erschöpften Zustande eine größere Ernte, als das folgende Jahr nach guter Düngung, und auf einem und demselben Boden unterliegt der ungedüngte Theil mit seiner Tracht den

Witterungsverhältnissen, während der gedüngte Theil ihnen widersteht. Wenn wir durch eine Säure ein Metall lösen wollen, so geht dies in der Wärme ungleich rascher vor sich, als in der Kälte; und in einer und derselben Zeit erhalten wir bei Anwendung von Wärme durch eine verdünnte Säure ebensoviel Metall gelöst, als in der Kälte durch eine weit concentrirtere. Dies Beispiel aus der unorganischen Chemie möge hier zur Veranschaulichung der vorerwähnten Verhältnisse dienen.

Ueber die Masse und Ausbreitung der Wurzeln der verschiedenen Pflanzen möchten wir noch nachträglich erwähnen, daß man ihre Bedeutung für die Ernährung der Gewächse häufig zu hoch angeschlagen hat; insofern man die Unterschiede, welche man in der Entwickelung der Pflanzen auf einem gleichen Boden beobachtet, zum größten Theile hat auf ihre Rechnung setzen wollen. Die Anschauung, daß den Wurzeln nur diejenigen Nahrungsmittel zu Gebote ständen, welche in ihrer unmittelbaren Nähe liegen, ist, wie wir schon früher nachgewiesen haben, durchaus irrig. Die Nahrungslösung strömt den Wurzeln zu, und zwar von so weit her, als dieselbe capillarisch bewegt werden kann; und nur da, wo diese Bewegung nicht schnell genug erfolgt, ist die größere Verbreitung der Wurzeln für die Nahrungszufuhr von der wichtigsten Bedeutung (vergl. S. 198). Sie besitzt dieselbe Bedeutung auch überall für solche Pflanzen, welche wenig Wasser abdunsten; zu diesen gehören aber die Ackerbaupflanzen nicht. Um den Einfluß der Wurzelmasse bei der Einführung der Nahrungsmittel zu bestimmen, hätte man übrigens die Oberfläche ihrer absorbirungsfähigen Theile zu ermitteln; diese braucht mit dem Gewichte der ganzen Wurzeln in gar keinem Zusammenhange zu stehen, und eine kleine Wurzel kann mehr absorbirende Theile enthalten, als eine größere. Eine solche Bestimmung wäre allerdings mit den größten Schwierigkeiten verknüpft.

Um wieder auf die Beziehungen der Pflanzen zu den verschiedenen Bodenarten zurückzukommen, so haben wir also bisher in einigen Beispielen gezeigt, daß die Concentration der Nahrungsmittellösung, welche theilweise abhängig ist von der Zusammensetzung des nicht nährenden Theils der Erden, in einem sehr hohen Grade die Ungleichheiten in der Entwickelung der einzelnen Pflanzen bedinge. Von nicht minderem

Einfluß ist aber die mechanische Beschaffenheit, die Wärme, das Licht ꝛc. Wir sehen die wildwachsende Flora eines Bodens sich ändern, wenn wir ihn entweder düngen, oder ihn entwässern, oder ihn lockern ꝛc. Solche Veränderungen betreffen übrigens, wie leicht einzusehen, nie eine einzige Eigenschaft des Bodens allein, sondern stets mehre zugleich; und die Beurtheilung des hervorragendsten Einflusses ist sehr erschwert. So wissen wir, daß von der Bindigkeit und dem Feuchtigkeitsgehalt zugleich der Gehalt an Nahrungsmitteln in nicht geringem Maße abhängig ist ꝛc. Zwecks weiterer Aufklärung dieser Verhältnisse hätte man eine große Reihe von Vegetationsversuchen anzustellen; die dazu dienenden Erden müßten wo möglich in allen Beziehungen einander gleich gemacht werden, bis auf diejenige Eigenschaft natürlich, deren Verhalten man kennen zu lernen wünscht. Es braucht kaum daran erinnert zu werden, wie schwierig die Anstellung solcher Versuche ist; und doch würde man durch sie gewiß leichter zum Ziele gelangen, als durch Beobachtungen in der freien Natur.

Da später diese Verhältnisse noch öfters in Betracht kommen werden, so stehen wir von ihrer weiteren Ausführung für jetzt ab; nur in Betreff des kohlensauren Kalkes möchten wir gleich noch erwähnen, daß häufig eine geringe Zufuhr desselben auf einen Boden die vorhandene Flora verschwinden, und eine neue an ihrer Stelle hervortreten läßt. Da eine geringe Menge Kalk offenbar nicht die mechanischen Eigenschaften des Bodens erheblich verändern kann; so müssen wir dessen Wirkung hauptsächlich dadurch erklären, daß er die Humussäuren neutralisirt, welche auf einige Pflanzen entweder gar nicht, oder auch günstig einwirken, auf sehr viele aber einen sehr schädlichen und tödtlichen Einfluß ausüben. Außerdem befördert der Kalk aber auch in kleinen Quantitäten die Verwitterung und Zersetzung der Bodenbestandtheile, und vermehrt dadurch die Quantität der assimilirbaren Nahrungsmittel.

Wenn wir nun zum Schluß, noch einen Blick rückwärts werfend, Alles was über die Bedeutung des Ackerbodens für die Vegetation gesagt ist, kurz zusammenfassen; so haben wir also die Fruchtbarkeit eines Ackers zu beurtheilen: 1) nach der Qualität und Quantität der vorhandenen gelösten *Nahrungsmittel*, 2) nach der Quantität des *Wassers* (desjenigen Theils der nicht zu den Nahrungsmitteln gehört)

und 3) nach einer Reihe mechanischer und physikalischer Eigenschaften, welche an dem unlöslichen, nicht nährenden Theile gebunden sind. Da aber diese mechanischen und physikalischen Eigenschaften nicht der Art sind, daß sie allen Bodenbestandtheilen in gleichem Maße von Natur zukommen, oder sich auf dieselben künstlich überführen lassen; da z. B. der Thon oder der Humus von einer solchen mechanischen Beschaffenheit sind, wie sie an keiner anderen Substanz beobachtet wird ꝛc.: so hängt also auch die Fruchtbarkeit eines Bodens von der chemischen Zusammensetzung desjenigen Theiles ab, welcher die Ernährung nur vermittelt. Damit ist aber keinesweges gesagt, daß stets die ganze Fruchtbarkeit eines Bodens allein nach seiner chemischen Zusammensetzung beurtheilt werden könne. Denn daraus, daß der Thon oder Humus von einer solchen Beschaffenheit sein kann, wie kein anderer Körper, folgt noch nicht, daß ihm dieselbe überall gegeben ist. Wie ungleiche mechanische und physikalische Eigenschaften der Thon und namentlich die humosen Substanzen (Moder, Torf), auch bei gleicher oder ähnlicher chemischer Zusammensetzung, besitzen können, ist früher ausführlich besprochen worden.

Betrachten wir die chemischen Analysen der Ackererden, von denen wir früher ein paar Beispiele aufgeführt haben; so leuchtet es sehr bald ein, weshalb dieselben gar kein Urtheil über die Fruchtbarkeit der betreffenden Aecker zulassen. So viel lernen wir wohl aus ihnen, daß die Aecker unter Umständen sehr fruchtbar sein können, aber nicht, daß sie es wirklich sind. Der Mangel der Analysen besteht 1) darin, daß sie nicht die Quantität der assimilirbaren Nahrungsstoffe angeben, und 2) darin, daß sie einen Hauptbestandtheil der Aecker, nämlich das Wasser gar nicht berücksichtigen. Außer den, auch die eben genannten beiden Punkte berücksichtigenden, Analysen muß für die Beurtheilung eines Ackerbodens seine mechanische Beschaffenheit und seine Temperatur (oder die der Luft) bekannt sein. Daß der Boden dem Lichte ausgesetzt sei und sonst nicht noch anderen außergewöhnlichen, der Vegetation hinderlichen Verhältnissen preisgegeben, wird dennoch als selbstverständlich vorausgesetzt.

Zu 1 bemerken wir wiederholt, daß es sehr schwierig ist, sich eine genaue Kenntniß von der Quantität der assimilirbaren Nahrungsstoffe sowohl, als der Ergiebigkeit der Quellen, aus welchen die ver-

brauchten ersetzt werden, zu verschaffen. Die Annahme einer bestimmten Tiefe der Ackerkrume, bis zu welcher die vorhandenen Nahrungsmittel den Pflanzen zugänglich sein sollen, ist in den meisten Fällen sehr willkürlich; und die Zuschüsse, welche die Luft liefert, sind noch sehr wenig ihrer Quantität nach bekannt. Das Wasser aber und die Temperatur (2 u. 4) sind in allen Fällen weit einfacher und genauer direct zu bestimmen, als indirect durch die sie bedingenden Verhältnisse. Die mechanische Beschaffenheit (3) wird durch Abschlemmungen hinreichend genau ermittelt werden können.

Wo diese vier Punkte bei und neben einer angemessenen chemischen Analyse mit berücksichtigt werden, da wird man, wenigstens für bestimmte Gegenden, dessen klimatische Verhältnisse und Einflüsse auf den Ackerbau im Allgemeinen bekannt sind, bald dahin gelangen, den Ackerboden in Betreff seiner Fruchtbarkeit nach wissenschaftlichen Principien bestimmen und klassificiren zu können.

So lange dies Ziel nicht erreicht ist, beruht die einzige sichere Beurtheilung der Güte eines Ackerbodens auf dem praktischen Blick des erfahrenen Landmannes. Die allgemeine äußere Erscheinung der Erde, ihre Farbe, ihr Anfühlen, ihre Benarbung, ihre Festigkeit und Härte, welche sich den darüber weggehenden Füßen offenbart, vereinigen sich zu einem allgemeinen Bilde der Fruchtbarkeit. Und wie wir bei der Betrachtung einer schönen Landschaft urplötzlich von dem Gefühle ihrer Schönheit ergriffen werden, ohne uns sofort der bedingenden Einzelheiten bewußt zu werden; so bilden wir uns auch fast augenblicklich in unserem Geiste ein Spiegelbild von dem Grade der Fruchtbarkeit eines Ackerbodens, zunächst mehr fühlend, als wissend.

Freilich richtet sich der praktische Blick immer vorzugsweise auf den zweiten Haupttheil der Ackererden (nach unserer Eintheilung), auf den die Ernährung vermittelnden, als den bleibenden Apparat; weniger auf den wechselnden Vorrath von Nahrungsmitteln, auf das zu verarbeitende Rohmaterial. Wenigstens ist, wenn der Boden im unbewachsenen Zustande taxirt wird, eine Beurtheilung seines Nahrungsmittelgehaltes (Düngezustandes) unmöglich. Und dennoch kann dieser Umstand Differenzen des Werthes bedingen, welche den ganzen Taxpreis übersteigen. Ein Boden z. B., welcher unter Voraussetzung eines geringen oder mäßigen Düngezustandes auf 100 Thlr. abgeschätzt wird,

kann leicht ein Dungcapital enthalten, welches weit mehr, als 100 Thlr. Werth hat. In der Praxis wird dieser Umstand allerdings selten von so erheblicher Bedeutung sein, da der Düngezustand eines Ackers im Allgemeinen wenigstens in dem Kreise bekannt sein wird, aus welchem die Taxatoren gewählt werden. Denn überhaupt ist die Beurtheilung durch den praktischen Blick nur für eine bestimmte, dem Beurtheilenden genau bekannte Gegend sicher; und wer in einem fremden Lande den gewohnten Maßstab anlegen wollte, würde häufig große Fehlgriffe thun.

Die atmosphärische Luft.

In dem Maße als die Erdkugel sich in den ersten Perioden nach ihrer Bildung abkühlte, wurden die meisten Stoffe des umgebenden Dunstkreises allmälig in den festen oder flüssigen Zustand übergeführt und auf die Oberfläche der Kugel niedergeschlagen. Es blieben bald nur noch vier von ihnen, der Sauerstoff, der Stickstoff, die Kohlensäure und ein Antheil Wassergas im luftförmigen Zustande zurück. Die Kohlensäure wurde nach und nach von den Pflanzen aufgenommen und in deren Substanz angehäuft; dafür jedoch ein großer Theil Sauerstoff an die Atmosphäre wieder abgegeben. Der Sauerstoff aber wirkte auf die Metalle, und, sich mit denselben zu Oxyd verbindend, ging eine große Menge davon aus der Atmosphäre in die feste Erdmasse über. Von dem Wassergas wurde, so lange die Temperatur des Erdkörpers abnahm, fort und fort ein Theil im tropfbar-flüssigen Zustande niedergeschlagen. So hat sich allmälig die jetzige Zusammensetzung der Luft herausgebildet, welche, wie es scheint, schon seit langen Jahren keinen erheblichen Schwankungen mehr unterlegen ist. 100 Volumtheile bestehen jetzt im Mittel aus:

78,492	Stickstoffgas
20,627	Sauerstoffgas
0,041	Kohlensäuregas
0,840	Wassergas
100,000	

Auf Gewichtstheile, nach Abzug des Wassergases, berechnet, enthalten 100 Theile:

23,00	Stickstoff
76,94	Sauerstoff
0,06	Kohlensäure
100,00.	

Die Schwankungen in der Zusammensetzung betreffen am meisten den Gehalt an Wassergas, und am wenigsten das Verhältniß des Stickstoffs zum Sauerstoff. Die Luft, welche über dem Meere und auf hohen Bergen, unter dem Aequator, am Süd- und Nordpol aufgefangen war, enthielt mit sehr geringen Abweichungen überall dieselbe Quantität Stickstoff und Sauerstoff. Der Kohlensäuregehalt nimmt in den höheren Luftschichten zu. In den Alpen, 10 bis 12,000 Fuß über dem Meere, wurden im Mittel 0,079 Volumtheile Kohlensäure gefunden, und im Maximum selbst 0,095.

Außer den genannten Substanzen kommen natürlich auch sehr geringe Mengen von all' den Gasen, welche sich an der Oberfläche der Erde bilden und entwickeln, in der Luft vor. So, als Produkte der Verwesung und Fäulniß pflanzlicher und thierischer Körper: Ammoniak, Kohlenwasserstoff, Schwefel- und Phosphorwasserstoff, Wasserstoffgas ꝛc. Den Gehalt an Ammoniak hat man zum öftern bestimmt, und natürlich sehr verschiedene Zahlen gefunden, da dasselbe mit jedem wässerigen Niederschlage großentheils aus der Luft entfernt wird. Die Angaben schwanken zwischen 0,13 und 3,68 in 1 Million Th. Luft.

Die Atmosphäre umgiebt die Erdkugel ringsum; sie hat eine Grenze, und setzt sich also nicht durch den ganzen Weltenraum fort; ihre Höhe ist auf etwa 9 geographische Meilen berechnet worden. Sie ist ein Körper und hat Gewicht; drückt auf die Erdoberfläche und auf sich selbst. Da sie zusammendrückbar ist, und die unteren Schichten durch eine größere Masse belastet werden, als die oberen; so sind die unmittelbar über der Erdoberfläche gelegenen Schichten am dichtesten und schwersten; die obersten die dünnsten und leichtesten. Das mittlere Gewicht einer Luftsäule kommt einer gleich starken Quecksilbersäule von 28 Zoll, oder einer Wassersäule von 32 Fuß gleich. Die Säule verkürzt sich (und das Barometer fällt) gleichmäßig mit der Höhe über dem Meeresspiegel.

Das Wasser verdunstet von der Oberfläche bei jeder Temperatur, und selbst weit unter seinem Gefrierpunkte. Die Kraft mit welcher es verdunstet, die Spannkraft seines Dampfes, steigt und fällt aber regelmäßig mit der Temperatur, und während dieselbe bekanntlich bei 100° C. (dem Siedepunkte) dem mittleren Drucke der Atmosphäre, also einer Quecksilbersäule von 28 Zoll oder 760 Millimeter gleich kommt, beträgt sie bei —20° nur 1,3 Millimeter; bei 0° 5,0^{mm}; bei

10° 9,5; bei 20° 17,3; bei 30° 30,6 ꝛc.; bei 200° 16 mal 760mm; bei 500° 900 mal 760mm. Auf dem Boden eines mit Wasser angefüllten Gefäßes kann dasselbe sich nur dann im Gas verwandeln (kochen), wenn seine Temperatur so hoch gebracht ist, daß die Dämpfe eine Spannkraft besitzen, welche den auf der Oberfläche lastenden Druck der Atmosphäre (im Mittel 760mm) + den Druck, welchen die darüber befindliche Wassersäule auf die untersten Schichten ausübt, überwinden können; also bei einer Temperatur, welche in der Ebene 100° C. im Mittel übersteigt. Das von der Oberfläche bei jeder Temperatur verdunstende Wasser hat nicht den darauf lastenden Druck der Atmosphäre zu überwinden; es hat nicht die Luftschichten zu heben, sondern verbreitet sich gleichsam in die Zwischenräume und Poren derselben.

Die Atmosphäre ist in Folge der erwähnten Verhältnisse stets mit einer gewissen Quantität Wassergas angefüllt, welche im Allgemeinen im Verhältniß steht zu der Temperatur. Wenigstens kann die Luft jeder Zeit ein bestimmtes, mit der Temperatur steigendes Maximum von Wassergas aufnehmen. Nach genauen Ermittelungen kann ein Kubikmeter (1 Meter = 3′ 2¼″ preuß. Maß) Luft davon aufnehmen bei — 20° 1,5 Gramm (1grm = 16,422 Gran preuß. Gewicht); bei 0° 5,4grm; bei 5° 7,3; bei 10° 9,7; bei 20° 17,1; bei 30° 29,4; bei 40° 49,2grm ꝛc. Enthält die Luft so viel, oder fast so viel Wassergas, als sie bei ihrer Temperatur überhaupt halten kann, so nennen wir sie gesättigt (mit Wassergas) oder feucht; enthält sie weit weniger, als sie halten kann, trocken. Es ist also klar, daß die Begriffe feucht und trocken nur relativ sind; daß die Luft bei ganz gleichem Wassergehalt bei einer niedrigen Temperatur feucht, und bei einer höheren trocken sein kann. Enthält z. B. ein Kubikmeter 9grm Wassergas, so ist die Luft bei 10° sehr feucht, während sie mit demselben Gehalt bei 20° ziemlich und bei 40° sehr trocken ist.

Wird eine, bei einem höheren Temperaturgrade mit Wassergas vollkommen gesättigte Luft, bis zu einem niedrigeren Grade abgekühlt, so muß sie natürlich so viel Wasser (in tropfbar flüssiger Form) abscheiden, als sie bei der letzteren Temperatur weniger aufgelöst enthalten kann, wie anfangs. Wird z. B. eine Luft, die bei 20° mit Wassergas gesättigt war, also 17,1 davon enthielt, bis auf 10° abgekühlt, bei welcher Temperatur sie schon durch 9,7 Wassergas gesättigt ist; so muß sie natürlich (17,1 — 9,7) 7,4 in tropfbar flüssiger Form abscheiden.

Auf diesem Verhältnisse beruht die Entstehung der wässerigen Niederschläge, welche wir in der Natur als Schnee, Regen, Thau, Reif ꝛc. unterscheiden, und welche wir im Folgenden etwas näher betrachten wollen.

Nehmen wir eine mit trockener Luft angefüllte Glasglocke, und stellen dieselbe über eine Schale mit Wasser, so werden sich die Luftschichten, welche unmittelbar über der Oberfläche des Wassers lagern, bald mit Wassergas sättigen; bei völliger Ruhe bleiben die gesättigten Luftschichten auf dem Boden liegen, und schützen das Wasser vor der Berührung mit den über ihnen lagernden trockenen Schichten. Diese werden allerdings allmälig der unteren feuchten Luft einen Theil ihres Wassergases entziehen; da jedoch die Diffusion unter solchen Umständen sehr behindert ist, so wird eine geraume Zeit darüber hingehen, bis der ganze Inhalt der Glocke mit Wassergas gesättigt ist. Wenn wir aber, statt die Luft in völliger Ruhe zu lassen, dieselbe von Anfang an durch irgend eine Vorrichtung bewegt hätten, so würden dadurch fort und fort neue, und zwar trocknere, Schichten mit der Oberfläche des Wassers in Berührung gebracht, und die Luft in der Glocke in einer ungleich kürzeren Zeit vollkommen mit Feuchtigkeit gesättigt worden sein. Aus diesen Betrachtungen folgt, daß sich in der Natur die durch Winde bewegte atmosphärische Luft weit früher mit Wassergas sättigen muß, als die ruhige.

Bringen wir darauf in die mit Feuchtigkeit gesättigte Luft der Glocke irgend einen kalten Gegenstand, so muß derselbe von seiner Oberfläche aus die ihn umgebenden Luftschichten abkühlen; und die Folge davon muß eine Ausscheidung von Wasser in den abgekühlten Theilen sein. Wir sehen zunächst sich die Oberfläche des kalten Gegenstandes mit einer Schicht tropfbar flüssigen Wassers überziehen. In der Umgebung desselben aber beobachten wir ringsherum einen dunstförmigen Nebel. Wenn nämlich eine mit Wassergas gesättigte Luft abgekühlt wird, so scheidet sich das Wasser nicht in Form von massiven Tropfen, sondern in Form sehr kleiner, inwendig hohler Bläschen ab, welche so leicht sind, daß sie nicht zu Boden sinken, sondern in der Luft suspendirt bleiben.

Die so eben beschriebene, künstlich hervorgerufene Erscheinung beobachten wir in der Natur im großen Maßstabe. Wenn sich die atmosphärische Luft während der Wärme des Tages mit Wassergas

gesättigt, oder doch stark beladen hat, und darauf nach Sonnenuntergang die Erde durch Ausstrahlung von Wärme bedeutend erkaltet wird: so überzieht sich die Oberfläche derselben mit einer Schicht tropfbar flüssigen Wassers, welches, wenn die Condensation fortdauert, allmälig zu größeren Tropfen zusammenfließt; wir nennen dies dergestalt niedergeschlagene atmosphärische Wasser Thau. Ist die Erkaltung des Erdbodens bedeutend, so daß sie sich den darüber liegenden Luftschichten ziemlich schnell mittheilt; so wird das Wassergas in denselben in Form der erwähnten Bläschen ausgeschieden, welche, in Suspension getragen, den Boden in verschiedener Ausdehnung, je nach dem Feuchtigkeitsgrad der Luft und der Intensität der Abkühlung, überlagern, und uns die Erscheinung des Nebels darbieten.

Die Erkaltung des Erdbodens wird, wie gesagt, durch Wärmeausstrahlung bewirkt. Jeder Körper überhaupt strahlt fortdauernd Wärme aus, und kann sich nur dann auf der Höhe seiner Temperatur gleichbleibend erhalten, wenn er von anderen Körpern ebensoviel Wärmestrahlen wiedererhält, als er abgiebt. Während einer sternenhellen Nacht strahlt die Erde ihre Wärme in den unbegrenzten Weltenraum hinein, ohne von den Himmelskörpern eine bemerkbare Quantität dafür zurückerstattet zu erhalten. Die Temperatur muß also fortdauernd abnehmen. Geht dann des Morgens die Sonne auf, so wirft diese ihre Wärmestrahlen auf die Erde; aber anfangs überwiegt die Ausstrahlung des Erdkörpers noch die Quantität der von der Sonne herabstrahlenden Wärme: die größte Kälte tritt daher immer erst kurz nach Sonnenaufgang ein. Bis die Sonne Mittags ihren höchsten Stand erreicht hat, erhält die Erde eine gleichmäßig wachsende Quantität von Wärmestrahlen, welche über diesen Zeitpunkt hinaus mit der sinkenden Sonne Schritt für Schritt wieder abnimmt. Aber in der ersten Zeit nach Mittag empfängt die Erde noch mehr Wärmestrahlen, als sie abgiebt, und erreicht daher die höchsten Temperaturgrade erst nach Mittag. Aus ähnlichen Gründen fällt die heißeste Jahreszeit nicht mit den längsten Tagen zusammen, sondern folgt denselben nach.

Die Ausstrahlung der Wärme geschieht von der Oberfläche; Körper, welche eine verhältnißmäßig große Oberfläche besitzen, verlieren daher mehr Wärme, als die mit einer geringeren Oberfläche. Die mit Pflanzen bedeckte Erde bietet offenbar eine weit größere Oberfläche dar, als die unbewachsene. Sie verliert deshalb mehr Wärme, und

wird stärker bethauet. Dazu kommt, daß die Pflanzen eine größere Quantität Wasser abdunsten, und bei jeder Verdunstung wird Kälte erzeugt. Eine kälteerzeugende Ursache, welche natürlich mit dem Erscheinen des Thaues aufhört wirksam zu sein; da alsdann nicht allein die Verdunstung aufhört, sondern sogar durch die Condensation der Wasserdämpfe wieder Wärme frei wird. Die blattreichen Gewächse sind aus den angeführten Gründen diejenigen, welche die größten Quantitäten Thau ansammeln.

Körper, welche die Wärme rasch durch ihre ganze Masse leiten und gleichmäßig vertheilen, wie die Metalle, werden an ihrer Oberfläche selten so stark erkalten, wie die Nichtleiter der Wärme; weil sie die von derselben ausgestrahlte Wärme aus den darunter liegenden Schichten theiweise wieder ersetzen, und so durch ihre ganze Masse abgekühlt werden müssen. Dagegen erhält die Oberfläche der Nichtleiter die abgegebene Wärme von unten nur in sehr geringem Grade ersetzt; und da also hier die Abgabe allein von der dünnen obersten Schicht geleistet werden muß, so wird dieselbe weit stärker erkaltet. Aus diesem Grunde bethauen die Metalle weniger als das Holz, die Pflanzen ꝛc.

Bei bewegter Luft wird nur in dem Falle Thau erscheinen können, wenn der Feuchtigkeitsgehalt der Luft ihrem Sättigungspunkte sehr nahe kommt. Die an der Erdoberfläche sich abkühlenden Luftschichten werden fortdauernd weiter geführt und durch neue ersetzt; die erkaltende Wirkung bleibt also hier nicht auf eine ruhende Schicht beschränkt, sondern theilt sich der ganzen Atmosphäre mit; und es kann erst dann Thau abgesetzt werden, wenn dieselbe durch und durch bis zu dem Punkte erkaltet ist, wo sie anfängt Wasser abzuscheiden.

Wenn die Wärmestrahlen der Erdoberfläche nicht bis in den unendlichen Himmelsraum gelangen können, sondern durch irgend einen näheren Körper aufgefangen und zurückgestrahlt werden, so tritt natürlich keine Erkaltung und auch kein Thau ein. Stellen wir z. B. des Nachts einen Tisch über einen frei gelegenen Platz, so wird die Erde unter demselben trocken bleiben, während sie rings herum bethauet. Dieselbe Wirkung, welche wir hier im Kleinen beobachten, üben im Großen die Wolken aus. Sie fangen die Wärmestrahlen auf und werfen sie großentheils zurück. Die Wolken spielen so dieselbe Rolle wie unsere Kleidungsstücke: sie hindern den Verlust von Wärme. Des-

halb thauet es nicht bei bewölktem Himmel; denn die Bedingung des Thaues, die Abkühlung des Bodens, fehlt. Aus der Beobachtung, daß der Thau nur in mond- und sternenhellen Nächten erscheint, war die alte Ansicht hervorgegangen, daß er vom Mond und den Sternen herabfalle. Man berichtet dagegen, daß die Indianer den Schutz, welchen die Wolken dem Erdboden gegen das Erkalten gewähren, sehr wohl begriffen haben, und ihn sogar in hellen Nächten, welche Frost befürchten lassen, künstlich zu ersetzen wissen. Sie zünden Reisig und Strauchwerk an, damit sich der daraus aufsteigende Rauch über das Thal lagere und die Saaten vor dem Erfrieren schütze.

Mitunter beobachtet man des Sommers in den Abendstunden über Flüssen und Sümpfen einen Nebel, dessen Entstehung auf etwas anderen Ursachen beruht. Wenn nämlich die Gewässer durch die herrschende Temperatur stark erwärmt sind, so fahren sie auch des Abends noch fort, ziemlich bedeutend abzudunsten, und die darüber befindlichen Luftschichten mehr und mehr mit Wassergas anzufüllen. Erniedrigt sich darauf die Temperatur der Luft am Abend, so bilden jene feuchten Schichten einen dicken Nebel, während die übrige, weniger feuchte Atmosphäre hell und durchsichtig bleibt. Es versteht sich von selbst, daß auch diese Erscheinung nur bei sehr ruhiger Witterung (bei welcher die feuchten Luftschichten nicht fortgeführt und mit den übrigen vermischt werden) stattfinden kann.

Wenn wir bei kaltem Wetter unseren Athem zu einer Wolke werden sehen, so beruht das auf denselben Ursachen: die sehr feuchte warme Luft, welche wir ausathmen, condensirt ihren Gehalt an Wassergas sofort in der Kälte zu den undurchsichtigen Wasserbläschen.

Unter Wassergas verstehen wir überall das in einem homogenen, durchsichtigen, vollkommen luftförmigen Zustande befindliche Wasser; das zu suspendirten Bläschen condensirte Gas aber nennen wir Wasserdampf oder Wasserdunst. Unmittelbar über dem geöffneten Ventil eines Dampfkessels sehen wir das durchsichtige Wassergas ausströmen, welches sich bald mit der kalten Luft mengt und dann als grauer Dampf erscheint.

Reif ist nichts Anderes als gefrorener Thau.

Wenn die feuchte atmosphärische Luft nicht sowohl an der Erdoberfläche, sondern im Ganzen durch einen Temperaturwechsel abgekühlt wird, so bildet sich in der Höhe, deren Temperatur bekanntlich

niedriger ist, als diejenige der unteren Luftschichten, zuerst ein Haufwerk von Wasserbläschen; es entstehen Wolken. Wolken sind also in der höheren Atmosphäre schwebende Nebel, und Nebel über der Erde gelagerte Wolken. Dauert die Abkühlung fort, so senken sich die Wolken immer mehr; die Bläschen werden dichter und dickwandiger, und die dadurch dunkler werdende Wolke kündigt den nahen Regen an, welcher entsteht, indem die dichten Bläschen, einander berührend, zu kleinen Tropfen zusammenfließen, die sich nicht in der Schwebe zu erhalten vermögen, und herabfallen, auf ihren Wegen durch die feuchte Atmosphäre sich anhaltend vergrößernd. Je plötzlicher die Abkühlung, je bedeutender also die in einer bestimmten Zeit condensirte Wassermasse, desto größer sind die Tropfen, desto stärker der Regen (Gewitterregen).

Wie der Reif gefrorener Thau, so ist der Schnee gefrorener Regen, oder gefrorene Wolken.

Ueber die Entstehungsweise des Hagels ist bis jetzt noch nichts mit Sicherheit erforscht. Für die Bildung so bedeutender Eisstücke, wie sie als Hagel herabfallen, erscheint ein längeres Verweilen derselben in der feuchten Atmosphäre unumgänglich nothwendig; aber es ist schwierig, eine Kraft nachzuweisen, welche die schweren Stücke am schnellen Herabfallen hindern sollte. Man hat dafür sowohl elektrische Kräfte, als starke Wirbelwinde angenommen, ohne einigermaßen genügende Beweise beibringen zu können. Daß übrigens elektrische Erscheinungen den Hagel begleiten, ist gewiß; aber dieselben werden überhaupt bei jedem heftigen atmosphärischen Niederschlage beobachtet.

Die Entstehung des Thaues wird bedingt durch den Wärmeverlust, welchen die Erdoberfläche durch Ausstrahlung erleidet. Ist die Abkühlung bedeutend, und war die Luft mit Wassergas ziemlich gesättigt, so wird sie Veranlassung zur Bildung eines Nebels, oder einer über dem Boden lagernden Wolke; aber nur in seltenen Fällen wird sie in der Ebene einen wirklichen Regenniederschlag bewirken. Der Regen entsteht in den allermeisten Fällen durch die Mischung zweier ungleichen Luftmassen, von denen die eine warm und mit Wassergas beladen, die andere von hinreichend kälterer Temperatur ist; durch Luftmassen, welche, aus ungleich erwärmten Gegenden stammend, durch Winde mit einander gemischt werden. Um sich über die Verhältnisse, welche die Bildung von Regen und Schnee veranlassen, eine klare

Anschauung machen zu können, ist es daher vor allen Dingen nothwendig, den Ursachen, welche die Bewegung der Atmosphäre veranlassen, nachzuforschen.

Die Luft ist schwer; jede Schicht in ihr ist also mit einem bestimmten Gewichte belastet; dieselbe wird sich in einem Zustande vollkommenen Gleichgewichts und vollkommener Ruhe befinden, wenn der Druck, welcher auf sie ausgeübt wird, von allen Seiten ganz gleich ist; ist derselbe aber auf einer Seite geringer als auf der anderen, so muß sie sich natürlich nach dieser hinbewegen. Die Ursache, welche das Gleichgewicht in der Atmosphäre stört, ist die von der Sonne auf die Erde herabstrahlende Wärme. Ein Raumtheil warmer Luft ist leichter, als ein gleicher Raumtheil kalter; wo daher die Atmosphäre ungleich erwärmt wird, muß das Gleichgewicht der einzelnen Schichten offenbar aufgehoben werden, und eine Bewegung erfolgen.

Die Sonnenstrahlen gehen durch die Atmosphäre hindurch, geben an dieselbe direct aber nur sehr wenig Wärme ab, sondern gelangen, ohne einen bedeutenden Verlust erlitten zu haben, an die Oberfläche der Erde. Diese wird von ihnen erwärmt und theilt die Wärme der darüber lagernden Luftschicht mit. Die letztere, dadurch leichter geworden, muß in die Höhe steigen, und einer kälteren und schwereren Schicht Platz machen, welche demnächst gleichfalls erwärmt dieselbe Erscheinung sich wiederholen läßt. Würde die Erdkugel auf ihrer ganzen Oberfläche vollkommen gleichmäßig durch die Sonnenstrahlen erwärmt, so würde die Bewegung der Luft nur in der Richtung des Erdradius stattfinden können. Die erwärmten Schichten würden gerade in die Höhe steigen, und die kälteren hinabfallen. Nun findet aber bekanntlich eine solche gleichmäßige Erwärmung nicht statt; die Gegenden, auf welche die Sonnenstrahlen senkrecht fallen, werden am stärksten; diejenigen, auf welche sie am schrägsten fallen, am wenigsten erwärmt. Dadurch wird auch eine seitliche (tangentiale) Bewegung der Luft veranlaßt: die unter den Aequatorialgegenden erwärmt aufsteigende Luft wird durch die seitlich darangrenzenden kälteren Schichten ersetzt. Auf diese Weise wird eine beständige Bewegung der Atmosphäre von den beiden Polen nach dem Aequator zu eingeleitet. Die unter dem Aequator aufsteigende Luft kann daselbst in den oberen Schichten natürlich nicht angehäuft werden, sondern muß zu beiden Seiten abfließen. In den höheren Regionen findet daher umgekehrt eine Bewegung

vom Aequator nach den Polen hin statt, von wo die erkalteten Luftschichten wieder dem Aequator zuströmen, einen ewigen Kreislauf beschreibend.

Die so eben besprochenen Bewegungserscheinungen kann man sich leicht durch folgenden Versuch veranschaulichen. Man nehme einen geräumigen Glaskolben und fülle ihn zur Hälfte mit Wasser, dem man etwas von einer pulverigen Substanz, welche im Wasser suspendirt bleibt, zumischt. Erwärmt man nun den Kolben durch eine Spiritusflamme, deren Spitze nur die Mitte des Kolbenbodens berührt: so wird man alsbald das Wasser mit dem suspendirten Pulver von der erwärmten Stelle in die Höhe steigen, sich oben seitlich verbreiten, an den Wänden hinabfallen, und unten der erwärmten Stelle wieder zufließen sehen, um von hier den eben zurückgelegten Weg von neuem zu beginnen.

Aus den angeführten Verhältnissen würde also folgen, daß auf unserer nördlichen Erdhalbkugel ein beständiger Nordwind, und darüber in der Höhe ein beständiger Südwind herrschen müßte. Dies ist auch in der That der Fall; nur mit dem Unterschiede, daß in den höheren Breitengraden die Verhältnisse, aus sogleich anzuführenden Gründen, in ihrer Einfachheit nicht beobachtet werden können, und daß die Richtung der Luftströmungen nicht eine rein nördliche und südliche, sondern eine nordöstliche und südwestliche ist. Es ist eine allgemein bekannte Thatsache, daß dort, wo die Sonnenstrahlen gerade senkrecht fallen, eine immerwährende Windstille herrscht, in den daran grenzenden nördlichen Zonen aber ein beständiger Nordost-, und in den südlichen ein beständiger Südostwind wehen, welche mit den Namen der Nordost- und Südostpassate bezeichnet werden. Daß in den höheren Regionen die Luft beständig in entgegengesetzter Richtung strömt, ist factisch durch die Beobachtung erwiesen, daß vulcanische Aschen, welche in eine bedeutende Höhe geschleudert waren, dem herrschenden Passatwinde gerade entgegen, viele Meilen weit fortgeführt wurden.

Weshalb aber die Richtung der beständigen Luftströmungen nicht eine rein nördliche und südliche, sondern eine nordöstliche und südwestliche ist, erklärt sich sehr leicht aus der rotirenden Bewegung des Erdkörpers, welche sich den von den Polen kommenden Luftströmungen nicht entsprechend mittheilt. Die Luft am Pole, einmal nach der südlichen

Richtung hin in Bewegung gesetzt, behält diese Richtung unverändert bei; die Erde aber dreht sich unterdessen von West nach Ost, und die Luft gelangt daher nicht in die Gegend der Erdoberfläche, auf welche hin sie ursprünglich gerichtet war, sondern an einen Punkt, welcher anfangs westlich lag, durch die Erddrehung aber an den Ort gebracht wurde, auf welchen zu die Luftbewegung ursprünglich zielte. Dadurch nimmt offenbar die Linie, welche den Ausgangs- und Endpunkt des Luftstromes mit einander verbindet, eine nordöstliche Richtung an. Man kann sich diese Verhältnisse nicht besser veranschaulichen, als wenn man sich an irgend einem Punkte des Aequators eine Zielscheibe angebracht denkt. Würde man auf dieses Ziel hin von einem gerade nordwärts gelegenen Orte eine Kugel abschießen, von der angenommen werden soll, daß sie ihren Lauf mit der anfänglichen Geschwindigkeit fortsetzt; so würde die Scheibe in der Zeit, welche die Kugel gebraucht, um ihren Lauf zurückzulegen, von ihrer ursprünglichen Stellung weit nach Osten hin entfernt sein, und die Kugel an einem westlich davon gelegenen Ort einschlagen, woselbst sie natürlich mit einer nordöstlichen Richtung anlangt.

Die unter dem Aequator in Folge der Erwärmung aufsteigende und als oberer Passat nach dem Nordpol abfließende Luft kühlt sich auf ihrem Wege allmälig ab, und *senkt sich* wieder zu Boden. Wenn die Sonne im Sommer nördlich vom Aequator steht, sind die beiden übereinanderliegenden und in entgegengesetzter Richtung fließenden Passate im südlichen Europa noch sehr deutlich wahrzunehmen. Weiter nördlich aber liegen die beiden Winde nicht mehr *über*, sondern *neben* einander. So daß also, wenn an einem Orte ein rein nordöstlicher Wind weht, weiter westlich oder östlich daneben der Südstrom fließen muß. Demnach sollten wir also in den nördlicheren Gegenden entweder einen Nordost- oder einen Südwestwind haben. Daß dem in der That *nicht* so ist, beruht darauf, daß die beiden sich entgegengerichteten Winde nicht nebeneinander in einer *bestimmten* Bahn hin laufen; sondern ihre Bahnen mannigfach ändernd, auf einander stoßen, mit einander kämpfen, und einander verdrängen. Die Winde, welche nicht nordöstlich, oder südwestlich gerichtet sind, sind nicht *einfache* Ströme, sondern das Produkt der sich einander bekämpfenden Nordost- und Südwestwinde.

Wenn auf einen Gegenstand zwei Kräfte, jede nach einer anderen

Richtung hin, wirken, so wird derselbe bekanntlich in einer Richtung bewegt, welche zwischen den Bahnen liegt, auf welche die beiden wirkenden Kräfte hinzielten. Waren die zwei Kräfte gleich stark, so bewegen sie den Gegenstand in einer Bahn, welche gerade in der Mitte liegt zwischen den beiden convergirenden Richtungen derselben; ist die eine stärker als die andere, so wird auch in der Combination ihr Einfluß auf die Richtung vorherrschen. Wenn ein Schiff z. B. vom Winde nordwärts, vom Strome westwärts getrieben wird, so wird es, falls Wind und Strom gleich stark wirken, gerade nordwestlich treiben. Ist der Wind stärker als der Strom, so wird das Schiff eine mehr nördliche, ist der Strom überwiegend, so wird es eine mehr westliche Richtung einschlagen.

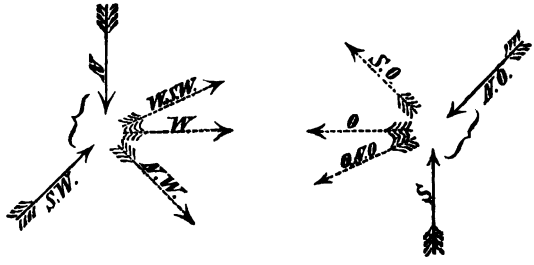
Wenn der Südwest- und der entgegengesetzte Nordostwind gerade aufeinanderstießen, so würden sie sich natürlich aufheben; oder es würde an ihrer Berührungsstelle ein Wirbelwind entstehen. Dieses gerade Aufeinanderstoßen findet aber in der Wirklichkeit nur selten statt, da der erste Stoß der einfallenden Luftschicht immer entweder in südlicher oder nördlicher Richtung erfolgt. Wir wollen, um dies deutlicher zu machen, annehmen, daß an einem Orte ein reiner Südwestwind herrsche, gegen den später der Nordostwind wirken soll. Setzt sich die erste nordwärts gelegene Schicht nach Süden in Bewegung, so theilt sie den Stoß natürlich allen vor ihr lagernden Luftschichten mit, und zwar in rein südlicher Richtung. Die an dem gedachten Orte zuerst von diesem Stoß afficirten Luftschichten wirken also in dieser Richtung als ein reiner Nordwind. Erst die von fern her herangeführte Luft erscheint in der nordöstlichen Richtung, welche sie ja eben nur während ihres Laufes annimmt. Der erste Stoß, mit welchem der entgegengesetzte Passatwind also den herrschenden Südwestwind trifft, wirkt als ein Nordwind. Die Luftschicht an der Berührungsfläche beider Winde, welche von der einen Seite (von Südwest) nach Nordost, von der anderen (von Nord) nach Süd getrieben wird, muß, nach den oben besprochenen Gesetzen, in einer Richtung fortbewegt werden, welche zwischen Nordost und Süd liegt. Das heißt mit anderen Worten, aus der Combination des Nord- und Südwestwindes geht ein westlicher Wind hervor, welcher sich mehr nach Norden bewegt, wenn der Nordwind, und mehr nach Südwest, wenn der Südwestwind an Stärke vorherrschend wird. Wir wollen an-

nehmen, daß der erstere stetig an Stärke zunimmt; so wird der Wind allmälig von Südwest nach West, Nordwest und Nord übergehen; und wenn der als Nordwind anfangs einfallende, aber mit der Zeit in den Nordost übergehende Wind so stark wird, daß er den Südweststrom gänzlich verdrängt, so wird statt des früheren südwestlichen nunmehr ein rein nordöstlicher Wind an dem bezeichneten Orte herrschen. Tritt darauf wieder der Südwestpassat auf (zunächst als Südwind), so wird sich die Windesrichtung wieder verändern, und zwar durch Ost nach Südost, Süd und endlich nach Südwest zurückgehen, wenn der Südwestwind den Nordost vollständig überholen kann.

Wir sehen also in den nördlichen Gegenden, wo die Passate nicht mehr übereinander, ohne sich gegenseitig zu behindern, weggehen, sondern sich mannigfach bekämpfen und verdrängen, entweder einen reinen Nordost- oder Südwestwind als einfache Passate herrschen; oder jede beliebige Windströme, als Combinationen der beiden entgegengesetzten Passate entstehen. Daher das Gesetz der Regelmäßigkeit in der Winddrehung, welches man fast täglich zu beobachten Gelegenheit hat. Ein reiner Südwestwind kann sich nur durch West und Nord nach Nordost begeben, nie aber auf der anderen Seite durch Süd und Ost; und ein reiner Nordostwind kann ebenso nur durch Ost und Süd in den Südwestwind übergehen. In der anderen Richtung, also von Süd nach Nordost, oder von Nord nach Südwest, kann der Wind sich nur so lange drehen, als er noch aus den zwei Winden combinirt ist, d. h. also, so lange er nicht rein Nordost- oder Südwestwind ist. Wenn z. B. der einfallende Nordost- den Südwestwind bis Nord gedreht hat, nun aber der Südwestwind dem ersteren allmälig an Stärke gleich zu werden, und ihn sogar zu übertreffen beginnt, so dreht sich der Wind wieder von Nord zurück durch West. Daß aber der reine Südwestwind nur nach West, und der reine Nordost nur nach Ost hin gedreht werden kann, das liegt eben, um es noch einmal zu wiederholen, darin, daß der erste gegen den herrschenden Wind von dem ihm entgegenströmenden geführte Stoß entweder nördlich, oder südlich wirkt; und eine Luftschicht, die zugleich von Norden und von Südwesten her bewegt wird, nur eine Drehung nach West; und wenn sie zugleich von einem Süd- und einem Nordoststrom bewegt wird, offenbar nur eine Drehung

nach Ost erfahren kann. Die untenstehenden Figuren werden diese Verhältnisse mehr verdeutlichen.

Fig. 41.



Da die Drehung der Winde von Südwest und Nordost durch den Einfall des fast gerade entgegengesetzt wirkenden Luftstromes bedingt wird, so erklärt es sich von selbst, weshalb einer solchen Drehung meist eine kurze Windstille, ein Zustand des Gleichgewichtes, vorangeht.

Die unter dem Aequator aufsteigende erhitzte Luft, führt natürlich eine bedeutende Quantität Wassergas mit sich, von welcher sie einen großen Theil da, wo sie bei ihrem seitlichen Abfließen, sich senkend, mit den unteren kälteren Luftströmungen in Berührung kommt, als Regen wieder ausscheidet. Unter den senkrechten Strahlen der Sonne, in der Region der Windstille, herrscht dauernde Trockenheit; in den unmittelbar angrenzenden Gegenden anhaltender Regen. Da die Sonne nicht über dem Aequator feststeht, sondern sich im Sommer dem Nordpol, im Winter dem Südpol nähert; so kommen die Aequatorialgegenden abwechselnd in die Region der Trockenheit und in diejenige des Regens. Wie regelmäßig in den Tropen die Regenzeit mit der Zeit der Trockniß abwechselt, ist allgemein bekannt.

In den nördlichen Gegenden fällt der Regen nicht so regelmäßig, obgleich auch hier nicht eine so große Ungesetzmäßigkeit herrscht, wie man gewöhnlich anzunehmen geneigt ist. Die aus den warmen Gegenden kommenden Südwestwinde sind mit Feuchtigkeit beladen. Bläst der kalte Nordostwind in jene hinein, so muß es regnen, von dem Augenblicke an, wo die Temperatur hinreichend unter den Thaupunkt abgekühlt worden. Bedingung für den Regen ist also die Vermischung des kalten mit dem warmen Winde. Es regnet daher in der Regel

nicht, so lange der Südwestwind, oder der Nordostwind allein wehen; sondern dann, wenn bei herrschendem Südwestwind der Nordost-, oder umgekehrt bei herrschendem Nordost- der Südwestwind einfällt. Ist der herrschende Südwestwind ziemlich mit Feuchtigkeit gesättigt, so wird es sogleich beim Einfallen des kalten Windes zu regnen beginnen, also mit Westwind; und wenn der Nordostwind herrschte, sogleich beim Einfallen des Südwestwindes, also mit Ostwind. Der Regen wird so lange anhalten bis der Wind in den Südwest oder Nordost übergegangen ist.

Mit dem Schnee des Winters verhält es sich ganz ebenso. Bei reinem Nordostwind ist das Wetter hell und kalt. Tritt der feuchte Südwestwind ein, so giebt es Schnee mit Ost- und Südostwind. Das Wetter wird wärmer; und wenn der warme Wind die Oberhand behält, und den Nordost gänzlich verdrängt; so geht der Schnee allmälig in Regen über, und es bleibt so lange Thauwetter, als der Südwest anhält. Tritt darauf wieder der Nordost ein, so beginnt es abermals zu schneien; jedoch mit Westwind: und es wird diesmal mit dem Schnee kälter.

Wenn im Winter bei stillem Frostwetter ein mäßiger Südwestwind eintritt, so reicht die langsam vor sich gehende Erkaltung mitunter nicht hin, um Schneeflocken zu bilden. Es entsteht statt dessen ein dichter Nebel, und an die kalten Gegenstände (namentlich an die Bäume und die Pflanzen überhaupt) setzt sich die Feuchtigkeit in langen, zu einer wolligen Masse vereinigten Krystallnadeln ab; und bietet uns die Erscheinung des Rauhreifes dar.

Der Südwestwind ist warm und leicht, der Nordost kalt und schwer: das Barometer fällt, wenn ersterer, und steigt, wenn letzterer eintritt. Daher zeigt das Fallen sowohl, als das Steigen unter Umständen Regen und Schnee an.

Der leichtere Südwestwind fließt bei seinem Eintreten über den kälteren Nordost weg, und kündigt sich sofort durch das Erscheinen von zarten Wolkenstreifen an den Berührungsflächen an. Allmälig überzieht sich der ganze Himmel mit grauen Wolken, welche man deutlich eine südliche, mehr und mehr in die südwestliche übergehende, Richtung verfolgen sieht; und zugleich wird auch die Drehung des unteren Nordostwindes nach Ost hin bemerkbar. War der Feuchtig-

keitsgehalt nicht sehr bedeutend, und die Abkühlung nicht tief unter dem Thaupunkt, so bleibt es bei der Wolkenbildung; während im entgegengesetzten Falle ein Niederschlag eintritt.

Wenn der Zusammenstoß des warmen und feuchten Südwest- und des kalten Nordostwindes mit Ungestüm geschieht, so daß ein plötzlicher und starker Regen daraus hervorgeht; so wird derselbe häufig mit den elektrischen Entladungen begleitet sein, welche wir *Gewitter* nennen. Fällt in den herrschenden Südwest- der Nordostwind ein, so zieht das Gewitter aus Westen auf; und fällt umgekehrt in den herrschenden Nordost der Südwest ein, so zieht es von Osten herauf. Im ersten Falle *kühlt* sich das Wetter *ab*, weil der warme Wind durch einen kalten verdrängt wird; im zweiten Falle aber wird das Wetter umgekehrt *wärmer*. Nicht das Gewitter ist die Ursache des Temperaturwechsels, sondern der Temperaturwechsel ist die Ursache des Gewitters. Daß die Gewitterwolken gegen den herrschenden Wind anziehen, erklärt sich aus der Art ihrer Bildung sehr leicht. Der kalte Wind liegt unten, und der warme fließt über denselben weg; an ihrer Grenze entstehen die Gewitterwolken. Das Gewitter zieht nie gegen einen Wind an, sondern nur mit einem Winde, welcher eine andere Richtung hat, als der auf der Erdoberfläche herrschende. Eine Erscheinung, welche man bei jedem Einfall eines neuen Windes beobachten kann; nur daß sie natürlich weniger auffällt, wenn die Vermischung und Verdrängung der entgegengesetzten Winde *allmälig* geschieht.

Daß die elektrischen Entladungen mit der starken Regenbildung zusammenhängen, ist erwiesen. Wenn die Vulkane viel Wasserdämpfe ausströmen lassen, welche oben in den kälteren Luftschichten alsbald condensirt werden und mit Asche vermischt, als Schlammregen herabfallen; so beobachtet man die den Vulkan umlagernden Regenwolken von immerwährenden Blitzen durchschnitten.

Auf den hohen Gebirgen herrscht bekanntlich fortdauernd eine sehr niedrige Temperatur. Der über dieselben hinströmende feuchte Südwestwind, muß daselbst einen großen Theil seiner Wasserdämpfe condensiren. Die Alpen, im Süden von Deutschland gelagert, bilden für dasselbe eine mächtige Schutzmauer gegen die feuchten Süd- und Südwestwinde: ihre eisigen Höhen schlagen die Wasserdämpfe in Form

von Schnee nieder; und wenn die Winde über die Ebene gelangen, sind sie meist in Betreff des Wassergehaltes ziemlich weit von ihrem Sättigungspunkte entfernt. Hieraus erklärt es sich, weshalb die aus den Aequatorialgegenden herstammenden Winde in den nördlichen Regionen nicht immer den größtmöglichen Feuchtigkeitsgrad besitzen; was offenbar der Fall sein müßte, wenn sie auf ihrem Wege stets in gleichmäßig abnehmende Temperaturen übergeführt würden. Es erklärt sich aus diesen Verhältnissen ferner der große Wasserreichthum der Gebirge, welchem die mächtigsten Ströme ihren Ursprung verdanken.

Bei diesen Betrachtungen wirft sich uns nothwendig die Frage auf, wie es kommt, daß die Atmosphäre mit der Höhe an Temperatur gleichmäßig abnimmt, während doch die erwärmte Luft fortwährend von dem Erdboden aufsteigt. Diese Erscheinung beruht zum größten Theile auf dem Umstande, daß ein Quantum Luft im verdünnten Zustande mehr Wärme erfordert, um auf einen bestimmten Temperaturgrad gebracht zu werden, als im verdichteten. Während also die erwärmte Luft in die Höhe steigt, und sich ausdehnt, muß sie wieder erkalten. Ebenso wie umgekehrt eine Luft erhitzt wird, wenn man sie auf einen kleineren Raum zusammendrückt; eine Thatsache, worauf ein in manchen Gegenden gebräuchliches Feuerzeug beruht. In einem unten verschlossenen Cylinder bewegt sich ein luftdicht schließender Kolben; wird derselbe schnell hinabgedrückt, so wird durch die erhöhte Temperatur der zusammengepreßten Luft, ein im Kolben befestigtes Stückchen Schwamm entzündet.

Wenn wir im vorangehenden die hohe Temperatur der Aequatorialgegenden als die hauptsächlichste Ursache der Luftströmungen bezeichnet haben; so ist sie jedoch nicht die einzige.

Meer und Land werden immer ungleich erwärmt; und zwar wird das Land bei Tage heißer, während sternenheller Nächte aber kälter sein, als das offene Meer, welches seine Temperatur selbst in den verschiedenen Jahreszeiten nicht bedeutend ändert. Am Tage muß also die Luft vom Meere ins Land, und des Nachts umgekehrt vom Land ins Meer strömen. Diese Luftströmungen sind natürlich nur dann bemerkbar, wenn sie nicht durch stärkere, anders gerichtete Winde verdeckt werden. Was der Temperaturwechsel von Tag und Nacht, das

bewirkt in weit größerem Maßstabe derjenige des Winters und Sommers. Große, und besonders felsige Ländermassen, welche an weiten Meeren angrenzen, wie z. B. Asien, veranlassen auf solche Weise Luftströmungen, welche mit den Jahreszeiten wechseln; während ihrer Dauer aber nicht minder regelmäßig auftreten, wie die Passate.

Außer solchen regelmäßigen und über große Ländermassen verbreiteten Winden, werden natürlich überall unbedeutendere lokale Luftströmungen auftreten, da jede Ungleichheit in der Erwärmung solche zur Folge haben muß. Kleinere Gewässer, Hügel, und besonders Waldungen geben so Gelegenheit zu Störungen des Gleichwichts in den Luftschichten. Es ist klar, daß dieselben in den nördlichen Gegenden des Sommers weit häufiger und weit beträchtlicher auftreten müssen, als des Winters. Auch der starke Regen, Schnee und Hagel werden kleinere Luftströmungen, unabhängig von denen, welchen sie ihre Entstehung verdanken, veranlassen; insofern der Raum, welchen das ausgeschiedene Wasser einnahm, wieder durch Luft ersetzt werden muß.

Der Regen ist über die Erdoberfläche sehr ungleich vertheilt. Man bestimmt seine Menge nach der Höhe der Schicht, welche die durch ihn herabgeführte Wassermasse in der Ebene aufweisen würde, wenn dasselbe darauf stehen bliebe, ohne in den Erdboden einzudringen, oder zu verdunsten. Wir wollen im Folgenden die Höhe der jährlichen Regenmenge, welche nach mehrjährigen Beobachtungen als Mittel der Abweichungen gefunden wurde, für einige Gegenden Europas aufführen. Schnee und Hagel sind im geschmolzenen Zustande mit berechnet.

Deutschland.	Zoll.
Manheim . .	21,0
Stuttgart . .	23,7
Ulm	25,1
Göttingen . .	24,9
Erfurt	12,6
Italien.	
Rom	29,3
Palermo . . .	20,7
Genua	44,4
Mailand . . .	35,5
Florenz. . . .	38,7

Frankreich.	Zoll.
Paris	20,8
Bordeaux . .	24,3
Metz	27,2
Straßburg . .	25,6
Toulon	17,5
Portugal.	
Lissabon . . .	25,4
Mafra	41,5
Coimbra. . . .	111,5

England.	Zoll.
London	23,4
Dover	44,1
Manchester . .	23,9
Edinburg . . .	23,3
Lancaster . . .	37,2
Nord-Europa.	
Stockholm . .	19,2
Copenhagen .	17,3
Bergen	83,2
Petersburg . .	17,1

Die Quantitäten atmosphärischen Wassers, welche dem Boden durch den Thau und Reif zugeführt werden, sind an vielen Orten höchst beträchtlich; lassen sich aber unmöglich bestimmen, weil sie von der Beschaffenheit des Bodens und der Pflanzen abhängen, und daher mit jedem Schritt wechseln können.

Nachdem wir bisher die Zusammensetzung der Atmosphäre, und die Aenderungen, welchen dieselbe namentlich in Betreff des Wassergehaltes unterliegt, weitläufiger besprochen haben; bleibt nun noch übrig, in der Kürze darauf aufmerksam zu machen, daß die Bestandtheile der Luft, ebenso wie die der Aecker, nur zum kleinen Theil directe Nahrungsmittel sind, während der andere Haupttheil als die Ernährung vermittelnd auftritt. Durch den Stickstoff, als indifferenten Körper, wird der Sauerstoff verdünnt, und die Intensität seiner Einwirkung gemäßigt; in reinem Sauerstoffgase kann keine Pflanze leben. Der ungebundene Sauerstoff selbst wird zwar nur in geringer Menge von den Pflanzen assimilirt; aber eine noch größere Verdünnung durch Stickstoff würde seine Assimilation sowohl, als seine anderweitigen Einwirkungen behindern. Das atmosphärische Wasser ist eine Quelle für den Wassergehalt des Bodens (und umgekehrt). Daß die für die Vegetation unumgänglich nöthigen Veränderungen des Ackerbodens durch die atmosphärische Luft bewirkt werden, ist schon angeführt.

Wie groß der Wassergehalt der Luft sein muß, um auf die Vegetation möglichst günstig zu wirken, würde sich natürlich nur mit Bezug auf den Wassergehalt des Bodens und die klimatischen Verhältnisse angeben lassen; Boden und Atmosphäre bilden, als Bedingung für die Entwickelung der Gewächse, ein untheilbares Ganzes. Die Verhältnisse sind hier im Einzelnen noch nicht erforscht; nur so viel läßt sich angeben, daß wenn auch der Boden hinlänglich mit Feuchtigkeit versehen ist, dennoch auch die Atmosphäre einen gewissen Wassergehalt nothwendig besitzen muß. Die warmen, feuchten Tage sind es, in denen sich die Pflanzen am üppigsten entwickeln; und man beobachtet häufig an feuchten Orten unter dem Schatten der Laubbäume eine fast tropische Vegetation. Nach Entfernung der Bäume ist dieselbe plötzlich verschwunden, wenn auch die Feuchtigkeit des Bodens, in Folge seiner eigenthümlichen Lage, dadurch nicht wesentlich geändert wurde.

Neben dem Schatten und Schutz hatte der Feuchtigkeitsgehalt der Luft ſicher einen großen Antheil an der früheren Fruchtbarkeit.

Man hat häufig Gelegenheit zu beobachten, daß ſelbſt die Waſſerpflanzen nach einem Regen üppiger gedeihen, wenn derſelbe auf einer längeren Trockniß folgt. Die Reinigung der Epidermis und der Spaltöffnungen von dem ſtaubigen Ueberzuge ſcheint hier den günſtigen Erfolg zu veranlaſſen.

Der Ackerbau.

In der Natur iſt, mit ſehr unbedeutenden Ausnahmen, jeder Erdboden mit Pflanzen bewachſen; aber nur in ſeltenen Fällen iſt ihre Beſchaffenheit und ihre Fülle der Art, daß dem Menſchen nichts weiter zu thun übrig bleibt, als zu nehmen und zu verwerthen. Die menſchlichen Bedürfniſſe erfordern beſtimmte Pflanzenſtoffe (in beſtimmten Pflanzen); und dieſe zu produciren iſt die Aufgabe des Ackerbaues. Und da in der heutigen Zeit das producirte Quantum der Höhe des Bedürfniſſes nicht entſpricht, ſo iſt es nicht allein die Aufgabe, zu produciren, ſondern in der größtmöglichen Maſſe zu produciren. Nachdem in den vorangehenden Abſchnitten diejenigen Stoffe, welche ſich mit einander zu der Pflanzenſubſtanz verbinden, und die Bedingungen, unter welchen ſolche Verbindung geſchieht, beſprochen; haben wir im Folgenden die Beſchaffung und Bereitung der Nahrungsſtoffe, ſowie die Herſtellung der zur Entwickelung der Pflanzen nothwendigen Bedingungen, in ihren Grundlagen näher zu betrachten. Mit anderen Worten, wir haben auf die dem Betriebe des Ackerbaues zu Grunde zu legenden wiſſenſchaftlichen Principien, wie ſie ſich zum großen Theil aus den bisher beſprochenen Verhältniſſen ergeben, ſpecieller einzugehen.

Es iſt ſchon früher darauf hingewieſen worden, daß ſich die landwirthſchaftliche Production durchaus mit der Fabrication lebloſer chemiſcher Verbindungen vergleichen laſſe, und daß der einzige Unterſchied zwiſchen beiden darin beſtehe, daß ſich die bedingenden Verhältniſſe bei erſterer nicht ſo beherrſchen laſſen, als bei letzterer. Wir haben geſehen, daß ſich der Ackerboden und die atmoſphäriſche Luft in zweierlei Beziehungen betrachten laſſen; daß ſich die Nahrungsmittel und

der die Ernährung vermittelnde Theil derselben zu einander verhalten, wie die Rohprodukte der Fabrikanten zum Apparat; wie z. B. in der Spiritusbrennerei die Kartoffeln oder das Korn, welche aus ihrer Stärke den Spiritus liefern, zu der Blase und den übrigen Apparaten (nebst Feuerung), welche die Bildung und Gewinnung des Spiritus bedingen und vermitteln.

Wenn Jemand eine Fabrik, oder, um bei einem bestimmten Beispiele stehen zu bleiben, eine Spiritusbrennerei anlegen will; so hat er zunächst den Apparat in möglichster Vollkommenheit herzustellen. Die Beschaffung der Rohprodukte ist das zweite. Wenn der Apparat unvollkommen, oder in Unordnung ist; wenn er z. B. zu schwer heizt, oder die Feuerung gar zu klein ist, so daß unnütz Brennmaterial verbraucht, oder nicht die ganze Quantität Spiritus, welche aus dem angewandten Rohmaterial zu gewinnen war, erhalten wird; wenn endlich die Blase schadhaft und undicht ist, oder sonst irgend welche Fehler am Apparate existiren, welche einen unmittelbaren Verlust an Rohmaterial zur Folge haben: so wird es zweifelsohne die vornehmste Aufgabe des Fabrikanten sein, den Apparat wieder auszubessern, so weit und so lange als er der Ausbesserungen werth ist, als sich dieselben bezahlt machen. Ebenso soll der Pflanzenproducent zuerst denjenigen Theil des Ackerbodens, welcher als der die Ernährung vermittelnde Apparat zu betrachten ist, in den Zustand der größtmöglichen Vollkommenheit zu bringen suchen; d. h. ihn in einen solchen Zustand überführen, oder doch demselben so weit wie thunlich nähern, in welchem sich der fruchtbarste Ackerboden befindet, wenn man sich die Nahrungsstoffe aus ihm entfernt denkt, dem also zur Hervorbringung der größten Masse von Pflanzen nichts weiter fehlt, als eine hinreichende Quantität der Nahrungsmittel.

Jeder Boden kann, wenn er auch noch so reichlich mit nährenden Stoffen versehen ist, nur ein gewisses Maximum von Pflanzen erzeugen, also nur ein gewisses Maximum von Nahrungsstoffen verarbeiten. Es wäre also Verschwendung, den Boden über das zu verwerthende Quantum hinaus mit Nahrungsstoffen zu versehen. Auch für den fruchtbarsten Boden ist eine solche Grenze vorhanden, und es giebt daher ein bestimmtes Maximalquantum, welches überhaupt in einem Boden von bestimmter Ausdehnung verarbeitet werden kann. Der Ackerbautreibende soll also seinen Boden so herzurichten suchen, daß das durch

ihn in Form von Pflanzen zu bringende Quantum von Nahrungsmitteln jenem Maximalquantum möglichst nahe kommt: denn von der Summe der verarbeiteten Rohprodukte hängt bei jeder Fabrication der Gewinn ab. Die Zahlen, durch welche jenes Maximalquantum ausgedrückt wird, beziehen sich natürlich auf ein bestimmtes Klima. Da dieses aber der Einwirkung des Menschen fast ganz entzogen ist, so ist die Herstellung der absolut größten Fruchtbarkeit nur in gewissen Gegenden möglich. Das erreichbare Maximum der Fruchtbarkeit ändert mit dem Klima, und es versteht sich von selbst, daß wenn von der Herstellung der größten Fruchtbarkeit die Rede ist, nur die in dem jedesmaligen Klima überhaupt erreichbare gemeint sein kann. Die Zahlen, welche man in einigen Ländern für dieselbe angegeben hat, sind noch nicht mit so großer Genauigkeit ermittelt, daß ihre Angabe einigen Werth hätte.

Da die Fruchtbarkeit eines Bodens von seiner Mischung abhängt, so kann dieselbe natürlich nicht jedem Acker bis zu einem willkürlichen Grade einverleibt werden; wenigstens nicht mit Vortheil. Es kann daher immer nur im Allgemeinen die Rede sein von der größtmöglichen, unter den obwaltenden Umständen mit Vortheil erreichbaren, Verbesserung des Bodens, und wir werden im Folgenden überall diese Auffassung voraussetzen. Die Grenzen des Vortheilhaften können offenbar nur für jeden speciellen Fall bestimmt werden, und müssen also dem Urtheile eines jeden Ausführenden überlassen bleiben.

Wie jeder Brennerei-Apparat nur für ein bestimmtes Quantum von Maische eingerichtet ist, so kann also auch jeder Boden nur ein bestimmtes Quantum von Nahrungsstoffen verarbeiten; und wenn man in demselben eine größere Menge in Pflanzenstoff umzuwandeln wünscht, so muß man, bevor man die Zufuhr der Nahrungsstoffe vergrößert, erst den nicht nährenden Theil entsprechend verbessern. Es giebt auch Bodenarten, wie z. B. der leichte Sandboden, welche eine weit größere Zufuhr von Nahrungsmitteln verlangen, als sie in Pflanzensubstanz überzuführen vermögen: denn sie verlieren beständig einen Theil derselben theils durch Verdunstung, theils durch Auswaschung. Solche Bodenarten gleichen einer durchlöcherten Brennereiblase; und wo ihre Ausbesserung nicht mehr kostet, als der Werth der unbenutzt verloren gehenden Nahrungsstoffe, da sollte sie unverzüglich vorgenommen werden. Andere Bodenarten behalten zwar die zugeführten Nah-

rungsstoffe ziemlich ohne Verlust in sich, verlangen aber dennoch eine große Quantität davon, um einen verhältnißmäßig geringen Ertrag zu liefern, wie z. B. die an übergroßer Nässe leidenden; während sie im minder nassen Zustande bei einem weit kleineren Düngercapital eine gleiche Ernte hervorbringen können. Und es fragt sich nun, ob die Entwässerungsarbeiten, oder das größere Düngercapital mehr kosten; oder auch, ob und wie viel *nach* der Entwässerung mit dem *vor* derselben erforderlichen großen Dungcapital mehr geerntet werden kann.

Wir haben den die Ernährung vermittelnden Theil des Ackerbodens mithin in einen solchen Zustand zu versetzen, daß er *erstlich* das ihm einverleibte Quantum von Rohstoffen (Nahrungsmitteln) möglichst *vollständig* ausarbeitet; und daß er *zweitens* möglichst *viel* davon in einer bestimmten Zeit verarbeitet. Diese Arbeiten müssen, wie gesagt, der Düngung vorangehen, und wir wollen daher auch bei ihrer Besprechung dieselbe Reihenfolge beobachten. Alle Verrichtungen des Ackerbaues (mit einziger Ausnahme der Einsaat) beziehen sich entweder auf den die Ernährung vermittelnden Theil des Ackerbodens, oder auf die Nahrungsmittel; oder, und zwar am allerhäufigsten, auf beide zugleich. Eine strenge Eintheilung ist daher durchaus unmöglich; wir werden die einzelnen Arbeiten nach ihren anscheinend am meisten hervorragenden Wirkungen ordnen müssen. Wiederholungen werden dabei nicht zu vermeiden sein. Die Veränderungen der physikalischen oder chemischen Eigenschaften, wie es gewöhnlich geschieht, zum Eintheilungsprincip zu machen, ist mit noch größeren Ungenauigkeiten verknüpft.

Unter denjenigen Arbeiten, welche sich auf die Veränderung des die *Ernährung vermittelnden* Theils des Ackerbodens beziehen, und welche nun im Folgenden zunächst besprochen werden sollen, unterscheiden wir solche, welche für eine längere Dauer berechnet sind, von denen, welche in regelmäßig wiederkehrenden Perioden erneuert werden müssen: die *Meliorationsarbeiten* von den *Beackerungsarbeiten*.

Meliorationsarbeiten.

Die in diesem Abschnitte zu besprechenden Arbeiten beziehen sich alle direct auf eine Veränderung in der Mischung des Ackerbodens. Sie entfernen entweder einen Gemengtheil, oder führen einen anderen zu. Solche Veränderungen wirken natürlich mittelbar auf eine große Reihe von Eigenschaften des Ackerbodens ein; und die Umänderung dieser ist häufig der eigentliche Zweck.

Von den Bestandtheilen des Ackerbodens ist das Wasser derjenige, dessen überflüssige oder ungenügende Gegenwart am häufigsten zu Meliorationsarbeiten Anlaß giebt.

1. Entwässerung.

Die Nachtheile, welche ein zu großer Wassergehalt des Bodens für die Vegetation mit sich führt, sind zum größten Theile schon in den vorangehenden Abschnitten besprochen worden; um dieselben im Zusammenhange kurz zu wiederholen, so sind es folgende. Das Wasser erfüllt die Poren des Ackerbodens und hindert somit den Durchgang der atmosphärischen Luft; dadurch wird einmal der nothwendige Zutritt des Sauerstoffes zu den Wurzeln der Pflanzen aufgehoben, und zweitens die Oxydation und Zersetzung der Bodenbestandtheile, namentlich auch des Humus gehemmt, oder in einer ungünstigen Weise geleitet. Es bilden sich statt Kohlensäure, welche als directes Nahrungsmittel und als Zersetzungs- und Lösungsmittel der in reinem Wasser unlöslichen Mineralien und Nahrungsstoffe gleich nothwendig ist, Kohlenwasserstoffe, andere Wasserstoffverbindungen, und daneben auch saure Humuskörper, welche der Ackerflüssigkeit eine gelbe und braune Färbung verleihen, und ein directes Gift für die meisten Culturpflanzen zu sein scheinen. Alle diese im Gefolge der Luftabsperrung auftretenden Verhältnisse genügen schon, um die Vegetation, je nach dem Grade ihrer Erscheinung, zu hemmen oder vollkommen zu unterdrücken. Außerdem übt der Wassergehalt einen großen Einfluß auf die Temperatur des Bodens aus, und zwar sowohl dadurch, daß durch die Verdunstung des Wassers eine große Quantität Wärme gebunden und mit dem

Dampfe fortgeführt wird, als auch auf der anderen Seite dadurch, daß das Wasser, als ein sehr schlechter Wärmeleiter, die Fortführung der Wärme von der Oberfläche in die Tiefe außerordentlich verlangsamt. Daß durch Verdunstung Kälte erzeugt (Wärme gebunden) wird, hat ein Jeder zu beobachten häufig Gelegenheit. Ein Tropfen Aether, oder einer anderen sehr leicht flüchtigen Flüssigkeit, verursacht auf der Haut ein Gefühl großer Kälte, obgleich er in der Flasche, woraus er gegossen wurde, ganz die Temperatur der umgebenden Luft hatte. Heiße Speisen und Getränke suchen wir dadurch rascher abzukühlen, daß wir durch Blasen den Zug und somit die Verdunstung befördern; daß hier der Athem, welcher mit der Temperatur des Körpers austritt, nicht direct abkühlend wirken kann, liegt auf der Hand. Was ferner das schlechte Wärmeleitungsvermögen des Wassers anbetrifft, so kann man sich ebenfalls sehr leicht davon überzeugen, wenn man Wasser in einem Gefäße an der Oberfläche erwärmt; man wird dann finden, daß sich die Temperatur nach unten hin sehr langsam fortpflanzt. Wenn das Wasser von unten erhitzt wird, so erwärmt sich dasselbe rasch durch seine ganze Masse hindurch fast vollkommen gleichmäßig; aber nicht weil es die Wärme fortleitet wie ein Metall, sondern weil die am Boden erwärmten Theile leichter werden, in Folge dessen aufsteigen, und den kälteren Schichten Platz machen. Bei der Erwärmung von oben bleibt die erwärmte und dadurch leichter gewordene Schicht natürlich auf der Oberfläche liegen, und die darunter liegenden kälteren Schichten kommen nicht unmittelbar in Berührung mit der Wärmequelle. Bei der Abkühlung findet offenbar gerade das umgekehrte Verhältniß statt: dieselbe wird sich rascher durch die ganze Masse hindurch fortpflanzen, wenn sie von oben her geschieht, als von unten, weil die erkalteten Schichten (bis zu einem Temperaturgrade von etwa 4° über Null) schwerer sind und zu Boden sinken. — Die eigenthümliche Erscheinung, daß das Wasser schon bei einer Temperatur von nahe 4° über Null die größte Dichtigkeit besitzt, ist, beiläufig erwähnt, von der allergrößten Bedeutung für das organische Leben. Denn wenn das Wasser erst bei oder unter 0° am dichtesten wäre, so würden die Gewässer im Winter vom Grunde auf frieren, und durch ihre ganze Masse hindurch in Eis verwandelt werden; da die bis zum Gefrierpunkte erkalteten Schichten fortdauernd zu Boden sinken müßten. Nun das Wasser aber über 0° seine größte Dichtigkeit

besitzt, so müssen, wenn die Gewässer durch und durch bis auf diesen Punkt abgekühlt sind, die weiter erkalteten Schichten, weil sie leichter sind, auf der Oberfläche schwimmen bleiben. Das Wasser friert also von oben hinab, und die Fortleitung der Erkaltung nach unten ist ebenso behindert, wie die Fortleitung der Erwärmung, wenn dieselbe an der Oberfläche der Flüssigkeiten stattfindet. — Der Wassergehalt wirkt also, wie gesagt, auf die Temperatur des Ackerbodens regulirend ein; daß aber eine hinreichende Bodentemperatur sowohl direct für die Ernährung der Pflanzen, als indirect für die Zersetzung der Bodenbestandtheile von größter Wichtigkeit ist, braucht kaum mehr wiederholt zu werden. Endlich gehören noch zu den ungünstigen Eigenschaften zu großer Nässe die, daß der Boden eine bedeutende Quantität von Nahrungsstoffen erfordert, um den Pflanzen dieselben in der nöthigen Concentration darzubieten; daß die Nässe den Thon-, Lehm- und Moorboden so weich und breiartig macht, daß er keinerlei Beackerungsarbeiten zuläßt; daß dieselbe häufig zur Entstehung stark wuchernder und schwer zu vertilgender Unkrautpflanzen Veranlassung giebt.

Wenn man nun einem zu nassen Boden einen Theil seines Wassergehaltes entziehen will, so hat man sich zunächst darüber zu unterrichten, woher das Wasser des Bodens stammt, und in welcher Weise es in demselben vertheilt ist; ob es vollständig durch Capillar-Attraction gebunden, oder ob es theilweise den hydrostatischen Druckverhältnissen unterliegt. Im letzteren Falle kann das Wasser theilweise direct fortgeleitet werden, indem man das Gleichgewicht seines Druckes aufhebt, und die Hindernisse, durch welche es abgehalten wird, den Gesetzen seiner Schwere zu folgen, beseitigt; im ersteren Falle ist eine directe Ableitung nicht möglich.

Um sich diese Verhältnisse zu veranschaulichen, kann man sich eines mit Erde gefüllten, im Boden durchlöcherten Blumentopfes bedienen. Begießt man die Erde mit Wasser, so verbreitet sich dasselbe zunächst durch alle Capillarräume, und wird hier festgehalten. Fährt man mit dem Zuführen von Wasser fort, so füllt dasselbe auch die größeren Räume, in denen es unbehindert den Gesetzen seiner Schwere folgen kann, sinkt daher zu Boden und fließt durch die Oeffnung desselben ab. Die Erde läßt sich unter solchen Umständen dauernd nicht nasser machen, als sie durch das capillarisch gebundene Wasser geworden ist; aber sie läßt sich auch, außer durch Abdunstung, nicht trockener machen. Bohrt

Abgedunstete nicht leicht aus den tieferen Schichten wieder zu ersetzen vermag. Wo die Lockerheit des Erdbodens sehr groß, und die wasserhaltende Kraft sehr gering ist, da wird es auch unter den angenommenen Lagerungsverhältnissen kaum einer Abgrabung bedürfen, da die Verdunstung in diesem Falle die obersten Schichten fortdauernd trocken genug erhält. Wo also Gräben *überhaupt* nöthig sind, da werden sie immer mindestens 2 Fuß, meistens aber wohl 3 bis 4 Fuß tief gegraben werden müssen.

2. Der zu entwässernde Ackerboden besteht aus einer *schwer* durchlassenden Schicht, also aus einem fetten Lehm-, Thon- oder Moorboden; das abzuführende Wasser stammt gleichfalls aus der Atmosphäre; es ist ein genügendes Gefälle vorhanden. Das Wasser sammelt sich in einem solchen Boden trotz des Gefälles auch in den größeren, nicht mehr capillaren Räumen an, weil selbst die dünnen Scheidewände der einzelnen Poren und Spalten, der Durchdringung des Wassers einen bedeutenden Widerstand entgegensetzen. Und aus diesem Grunde können in sehr undurchlassendem Boden selbst Gräben, wenn sie nicht in sehr großer Nähe nebeneinander hinlaufen, die Entfernung des überschüssigen Wassers nicht mit ausreichender Schnelligkeit bewirken. Denn wenn auch die unmittelbar an die Grabenwand grenzenden Schichten ihr Wasser in denselben entleeren, so ist eben die Bewegung und Zuleitung aus den entfernteren sehr erschwert. Die offenen Gräben haben in solchen Bodenarten hauptsächlich den Zweck, das atmosphärische Wasser, welches nicht schnell einzieht, sondern sich auf der Oberfläche ansammelt, aufzunehmen und fortzuleiten. Sie müssen deshalb nothwendig an den niedrigsten Stellen angelegt werden, so daß die Oberfläche des Bodens von beiden Seiten sich gleichmäßig nach den Gräben hin senkt. Wo das nicht der Fall ist, da kann man auf schwerem Lehmboden, oder besonders auch auf Moorboden, kaum zwei Schritt vom Graben entfernt das Regenwasser tagelang stehen sehen. Ein Grabennetz ist richtig angelegt, wenn die Hauptgräben sowohl, als die sich seitlich von ihnen abzweigenden Nebengräben, von ihren Mündungsstellen an sich gleichmäßig mit ihren Rändern über dem Wasserniveau erheben, d. h. wenn überhaupt ein mehrseitiges Gefälle vorhanden ist; wo der Boden nur nach *einer* Richtung geneigt ist, da werden die Entwässerungsgräben in der Richtung des Gefälles gezogen werden müssen.

Zum Auffangen des Regenwassers und des geschmolzenen Schnees bedarf es nur sehr flacher Gräben (Wasserfurchen); die Tiefe der zur Ableitung dienenden Haupt- (Sammel-) Gräben richtet sich natürlich nach der Quantität des aufzunehmenden Wassers und nach dem bestehenden Gefälle. Schadenbringend für den Ackerboden kann hier eine zu große Tiefe nie werden, da sie eine übermäßige Trockniß nicht herbeiführen wird. In mehr durchlassendem Boden, welcher der Bewegung des Wassers keine so großen Schwierigkeiten entgegensetzt, werden die Gräben, ohne an Wirkung zu verlieren, um so weiter auseinanderliegen können, je tiefer sie sind; was später bei den Unterdrains weiter ausgeführt werden soll.

3. Der zu entwässernde Boden besteht aus einer wasserdurchlassenden Schicht, welche an einem Gewässer angrenzend, nur wenig über dem Niveau desselben erhoben ist. Gräben können hier natürlich von dem Wasser, welches durch Capillar-Attraction, wegen des geringen Abstandes vom Niveau des sich durch die losen Schichten verbreitenden Gewässers, in reichlicher Menge aufgesogen wird, nichts fortführen. Sie werden aber das herabgefallene Regenwasser und das Wasser des aufthauenden Schnees schneller ableiten, welches sich auch durch recht feinkörnigen Sand (Triebsand), wenn derselbe schon mit Wasser angefüllt ist, sehr schwer fortbewegt. Ist der Boden aber allein schon durch das sich immerwährend von unten hinaufziehende Wasser zu naß, so wird er nur dadurch theilweise trockener gemacht werden können, daß man ihn in gewölbte Beete aufpflügt, und somit die Rücken der Beete vom Wasserspiegel mehr erhebt.

4. Das abzuleitende Wasser ist nicht das unmittelbar auf den Boden aus der Atmosphäre niedergeschlagene, sondern ist von unten aufstauendes Quellwasser. In diesem Falle wird man natürlich die Quelle wo möglich an oder vor ihrem Eintritt in den Boden aufzufangen und fortzuleiten suchen. In Fig. 43 würde durch den Graben *g*, welcher am Fuße des Berges hinläuft und bis auf die undurchlassende Thonschicht reicht, sämmtliches Quellwasser, welches in der Sandschicht herabsinkt, aufgefangen und von der Verbreitung in den Ackerboden *a* abgehalten werden. Bei den durch Fig. 44 dar-

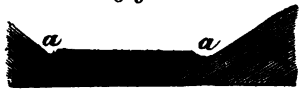
Fig. 43.

Fig. 44.

gestellten Verhältnissen würde das Auffangen der Quelle wegen der großen Tiefe des erforderlichen Grabens schon schwierig sein. Aber wenn es auch in einem solchen Falle nicht möglich sein sollte, die Quelle vollständig abzuschneiden, so wird es dennoch zweckmäßig sein, am Fuße des Berges einige Gräben in der Längsrichtung des Thales hinlaufend zu ziehen, weil sich hier das Wasser zunächst ansammeln, in die Höhe aufstauen, und dann seitlich verbreiten wird. Ist eine solche stärkere Aufstauung an der einen Seite in den oberen Ackerschichten nicht mehr zu bemerken, sondern dringt das Wasser überall gleichmäßig von unten herauf, so wird man die Gräben auf die in 1 und 2 beschriebene Weise zu ziehen haben; es wird dann aber ein System von Gräben nicht eine so vollständige Trockenlegung bewirken, wie sie in Fig. 43 und 44 der einzige Graben *g* herbeiführt.

Bei der Abgrabung von Brüchern, Moorgründen, Sinken ꝛc., welche auf einer oder mehren Seiten von Hügeln umgeben sind, hat man es häufig mit verschiedenen Verhältnissen zu thun: es ist abzuleiten 1) das unmittelbar auf die Fläche niedergefallene Regenwasser, und am Fuße der Hügel noch 2) Quellwasser, und 3) Regen- und Schneewasser, welches auf der steilen Ebene der Hügel herabgeführt wurde. Es zeigt sich alsdann am Rande, wo die Quell- und Tagewässer auftreten, eine natürliche Vertiefung, in welcher sich das Wasser ansammelt. Brücher mit einem Querschnitt, wie der auf Fig. 45 dargestellte, finden sich sehr häufig. Die Vertiefung wird hier dadurch gebildet, daß wegen zu großer Nässe das Wachsthum der Pflanzen mehr gehindert ist, als weiter in der Mitte. Der Boden, welcher durch die absterbenden Pflanzen aufgebaut wird, muß sich also natürlich weniger rasch erheben. Es braucht wohl kaum noch erwähnt zu werden, daß bei der Abgrabung ein Graben am Rande, in der Mitte der natürlichen Vertiefung gezogen werden muß.

Fig. 45.



b) Entwässerung durch Thonröhren (Drains, Unterdrains; Drainirung). Statt der offenen Gräben sind in neuerer Zeit verdeckte Thonröhrengänge zur Entwässerung ganz außerordentlich häufig in Gebrauch gekommen. Durch die offenen Gräben wird ein bedeutendes Terrain der Benutzung als Ackerland entzogen, und ihre Anlage in der zur vollständigen Entwässerung erforderlichen Anzahl

und Tiefe ist deshalb oft unmöglich. Die Drains ersetzen die Gräben in allen Fällen, wo nicht Regen- und Schneewasser von der Oberfläche rasch fortgeführt werden muß, und wo nicht Quellen in der vorhin angegebenen Weise abgefangen werden sollen. Ein drainirter Boden bedarf daher, namentlich wenn er etwas bindiger Natur ist, der Wasserfurchen und offenen Sammelgräben. Dieselben werden besonders im Frühjahr, wenn eine große Schneemasse schnell aufthaut, und der darunter liegende, noch gefrorene Boden das Wasser nicht aufnehmen und zu den Drains leiten kann, von nothwendiger Bedeutung. Die Röhrengänge erfordern, wegen ihres geringen Durchmessers, ein größeres Gefälle als offene Gräben, und sind deshalb in ganz horizontal gelegenen und wenig über dem Wasserspiegel erhabenen Ländereien nicht anwendbar; besonders nicht, wenn das Wasser in einiger Menge abgeführt werden muß.

Die Drains werden durch ungefähr fußlange Röhren gebildet, welche stumpf aneinandergelegt werden. Das Wasser dringt zum größten Theile durch die Stoßfugen ein, und wird durch das bestehende Gefälle fortgeleitet. Die Röhrenhöhlungen sind als große Oeffnungen oder Poren in der Ackererde zu betrachten; das dem hydrostatischen Drucke unterworfene Wasser muß sich in ihnen ebenso sammeln, wie es sich in den größeren Poren oder in einem Brunnen sammelt. Wären die Röhren an ihren Enden geschlossen, so würden sie sich ganz mit Wasser füllen; nun ist aber der seitliche Gegendruck genommen und das Wasser folgt unbehindert seinem Drucke, gleitet auf der schrägen Bahn fort. Wir haben oben schon angeführt, daß das Wasser in undurchlassenden Erden, auch wenn ein genügendes Gefälle gegeben ist, nicht abfließt, weil die Wände der einzelnen Poren, wie dünn sie auch immer sein mögen, dennoch den Uebergang des Wassers von der einen zur anderen sehr erschweren und verlangsamen. Die Drainröhrengänge stellen nun Poren dar mit durchstoßenen Wänden. Das Hinderniß, welches das Wasser dem auf ihn ausgeübten Druck zu folgen und sich in der Richtung des bestehenden Gefälles hin zu bewegen abhielt, ist zum größten Theile beseitigt. Die Hindernisse für die Bewegung bestehen fort in der Richtung von oben nach unten, also für die Bewegung des Wassers aus den oberen Schichten nach den Stoßfugen der Drainröhren hin. Dieser Weg aber, welcher nur einige Fuß beträgt, steht in gar keinem Verhältnisse zu der Entfernung seitlich nach

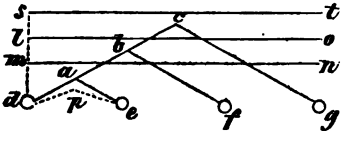
der Mündung des Gefälles (wo die Röhren ausgießen) hin, und für diese letzteren sind die Hindernisse der Bewegung beseitigt. Aber auch die Senkung des Wassers zu den Stoßfugen hin, wird durch die Wirkung der fortschreitenden Entwässerung selbst sehr erleichtert; wenigstens im Thon- und Lehmboden. Der Thon nämlich zieht sich beim Austrocknen bekanntlich sehr zusammen, und wird dabei durch Sprünge und Risse vielfach durchsetzt. Solche Sprünge gehen von den Stoßfugen aus, und verbreiten sich nach der Oberfläche zu, sich trichterförmig erweiternd. Durch diese Spalten wird das Wasser von der Oberfläche rasch den Röhren zugeführt, und es bleibt der Thonmasse nicht so viel Zeit, um von demselben capillarisch so viel aufzusaugen, als sie vermag. Selbst die Verdunstung wird durch die Spalten mehr befördert. — Daß das Wasser in den Drainröhren nicht wieder durch die Fugen unten in den Boden geleitet wird, kommt einfach daher, daß der Wasserdruck von allen Seiten wirkt, also ebensogut von unten als von oben Wasser in die Röhren treiben kann; jedenfalls aber werden die Wasserschichten, welche die untere Hälfte der Stoßfugen füllen, darin durch einen Druck gehalten, welcher dem, den das Wasser in den Röhren von oben auf sie ausübt, mindestens gleichkommt. —

Man hat anfangs wohl mitunter geglaubt, daß die Wände der unglasirten Thonröhren das Wasser aus den umgebenden Erdschichten einsögen und inwendig in die Höhlung wieder ausgössen. Erstlich war von vorne herein einzusehen, daß ein solches Einsaugen nicht rasch von statten gehen könnte, und zweitens fehlte die Ursache, aus welcher die Thonwand das capillarisch aufgesogene Wasser inwendig schnell wieder abfließen lassen sollte. Jedenfalls aber ist es klar, daß das Wasser durch die Stoßfugen sehr viel leichter und schneller in die Röhren gelangen muß, als durch die Wände; und es ist sogar durch directe Versuche nachgewiesen, daß durch eine solche Einsaugung der Wände, wenn überhaupt, so doch nur wenig Wasser abgeleitet wird, und daß glasirte Röhren mit dem besten Erfolge angewandt werden können.

Die Tiefe, in welcher die Röhrenzüge gelegt werden, variirt von 3 bis 10 Fuß; dieselbe richtet sich natürlich nach dem vorhandenen Gefälle und der Beschaffenheit der zu entwässernden Erdarten. Sind diese letzteren mehr durchlassender Natur, so können die Röhren tiefer; sind sie schwer durchlassend, so müssen dieselben flacher gelegt werden.

In ganz ſchwerem Thonboden iſt die Bewegung des Waſſers ſo ſehr behindert, daß ſelbſt ganz flach und dicht nebeneinander liegende Drains nur eine unbedeutende Wirkung zeigen. Je tiefer ſie aber gelegt werden können, deſto weiter dürfen die einzelnen Leitungen von einander entfernt werden. Um dieſe Verhältniſſe mehr zu veranſchaulichen, können wir uns vorſtellen, daß jeder Waſſertropfen nur dann zu den Fugen der Röhren gelangen kann, wenn der Weg dahin eine beſtimmte Neigung gegen die Horizontale nicht unterſchreitet. Je ſteiler die Ebene iſt, auf welcher ſich ein Körper fortbewegt, deſto raſcher, je weniger ſteil, deſto langſamer fällt er dieſelbe hinab. Die Bewegung des Waſſers innerhalb der Erden wird durch die Attraction derſelben zum Waſſer aufgehalten; und wenn die Bahn, auf welcher ſich das letztere bewegen ſoll, ein beſtimmtes Minimum von Neigung angenommen hat, ſo hält die Attraction der Fallkraft das Gleichgewicht, und die Bewegung hört auf. In Figur 46, welche den Durchſchnitt eines Ackerbodens darſtellen ſoll, ſind *d* und *e* die Durchſchnitte zweier Drainröhrenleitungen, welche gerade weit genug von einander entfernt ſind, um bei ihrer Tiefe unter der Oberfläche des Ackers *mn* die Ackerkrume vollſtändig zu entwäſſern. Die Waſſertheile *a* ſollen die letzten ſein, welche noch zu den Röhren gelangen können; ſo daß alſo die Neigung der Bahn *dp* ſchon zu flach iſt, um *p* nach *d* gelangen zu laſſen. Denken wir uns darauf die Bodenfläche über *mn* bis *lo* erhöht, ſo wäre *b* der Waſſertheil, welcher noch nach *d* und auf der anderen Seite zu einer Röhre *f* gelangen könnte, denn ſein Weg dahin hat dieſelbe Neigung als *ad*. Nachdem alſo die Tiefe der Röhren um *lm* zugenommen, konnten dieſelben um *ef* weiter auseinandergelegt werden, und dennoch den Boden vollſtändig entwäſſern. Bei einer Tiefe von *sd* können ſie ſchon eine Weite von *dg* haben; denn nun kann noch der Waſſertropfen *c* nach *d* und *g* gelangen, da ſeine Bahn die erforderliche Neigung beſitzt. Dabei muß jedoch für die praktiſche Ausführung bemerkt werden, daß die Entfernung der Röhrengänge von einander nicht ganz in dem Verhältniſſe zunehmen darf, wie die Zeichnung angiebt. Denn mit der Tiefe, in welcher die Röhren gelegt werden, nimmt offenbar der Weg, welchen die abzuleitenden Waſſertheile innerhalb der Erde zurückzulegen haben,

Fig. 46.



an Länge zu; und somit in demselben Verhältnisse die Zeit, innerhalb welcher das Wasser zu den Röhren gelangt. Bei einer gleichen Neigung der Bahn, auf welcher sich das Wasser bewegt, muß also die Entwässerung mit zunehmender Tiefe der Röhrengänge verlangsamt werden. Je undurchlassender der Boden, je größer also die Attraction der Erde zum Wasser (oder die Hindernisse überhaupt, welche der Bewegung des Wassers entgegenstehen), desto steiler und kürzer muß der Weg der einzelnen Wassertheile zu den Stoßfugen der Röhren hin natürlich gemacht werden, d. h. desto flacher und weniger weit auseinander müssen die Röhrengänge gelegt werden.

Durch die Drainröhrenleitungen können also ebenso wie durch die offenen Gräben nur die Antheile Wasser aus dem Ackerboden entfernt werden, welche nicht capillarisch festgehalten sind, sondern den Gesetzen des Druckes zu folgen vermögen. Daraus darf aber nicht unbedingt geschlossen werden, daß solche Bodenarten, welche gewöhnlich nur capillarisch gebundenes Wasser enthalten, aber durch dasselbe doch schon zu naß sind, nicht auch vermittelst der Drains trockener gelegt werden könnten. Wenn man in einem Boden ein Loch von circa 3 Fuß Tiefe gräbt und es sammelt sich darin kein Wasser an, so ist das weder ein sicheres Anzeichen dafür, daß der betreffende Boden nicht zu naß sei, noch dafür, daß er durch Drainirung nicht mehr ausgetrocknet werden könne. Indem nämlich die Drains das Wasser des im Frühling aufthauenden Schnees, und dasjenige aller starken Regengüsse, welches sich sonst im Boden angesammelt haben würde, ableiten, entziehen sie dem Boden eine bedeutende Reserve für die nachfolgende Abdunstung. Der Boden muß dadurch trockener werden und Sprünge bekommen, welche, nachdem sie entstanden, eine noch beschleunigtere und vollständigere Ableitung der atmosphärischen Wässer veranlassen. Die zugeworfenen Gräben, auf deren Sohle die Röhren liegen, werden, ehe die angrenzenden Schichten des Bodens mehr zerklüftet worden, zunächst das Regenwasser am schnellsten einsaugen, da sich die ausfüllende Erde noch für längere Zeit lockerer hält; und von ihnen aus werden sich die Sprünge zu beiden Seiten hin allmälig immer weiter verbreiten. Ackererden aber, welche zu keiner Zeit, auch im Frühling und nach starken Regengüssen nicht, anderes als capillarisch gebundenes Wasser aufweisen, werden wohl kaum so naß sein, daß sie einer Trockenlegung bedürfen. Wo das aber dennoch der Fall sein sollte,

oder wo ein schwerer Boden auch durch die Drainirung noch nicht trocken genug gelegt wurde, oder wo die Drainirung überhaupt nicht anwendbar ist, da kann der Feuchtigkeitsgehalt nur dadurch verringert werden, daß die wasserhaltende Kraft des Bodens vermindert, und die Verdunstung befördert wird. Das kann zunächst natürlich nur erreicht werden durch Zuführung von denjenigen Substanzen, welche wir früher als ausgezeichnet durch ihre geringe wasserhaltende Kraft und durch die Leichtigkeit, mit welcher sie das aufgenommene Wasser wieder abdunsten lassen, kennen gelernt haben; durch Zuführung also von Quarzsand und Kalk (vorzüglich Kalksand). Der Humus hat zwar eine große wasserhaltende Kraft, ist aber dennoch für die Verbesserung eines schweren Thonbodens sehr anwendbar, weil er seine Bindigkeit mildert. Besonders werden lockere Torfmassen (Torfgrus, Torfkohle) den Thonboden sehr verbessern, indem sie ihn trockener und durchdringbarer machen.

Bei welchem Wassergehalt ein Boden zu naß ist, darüber existiren, wie schon früher bemerkt, augenblicklich noch keine bestimmten Angaben. Ob er aber zu naß ist, und der Entwässerung bedarf, wird Jeder bei nur geringer Uebung an dem Stande der Culturpflanzen und an der wildwachsenden Flora erkennen. Aus der Höhe, bis zu welcher sich in einem gegrabenen Loche das Wasser ansammelt, auf das Bedürfniß einer Entwässerung schließen zu wollen, ist nicht allgemein sicher. Wir haben auf einem Moorboden, welcher nur ungefähr einen halben Fuß über dem Wasserniveau lag, den Hafer ziemlich gut, und den rothen Klee außerordentlich üppig wachsen sehen; während beide auf einem ähnlichen Boden, in welchem sich das Wasser erst zwei Fuß unter der Oberfläche ansammelte, wegen Nässe nicht fortkommen konnten. Der erstere Boden war sehr locker, und gestattete der Luft sowohl, als namentlich auch dem Wasser des angrenzenden Baches leichten Durchgang; das sich in ihm ansammelnde Wasser war deshalb fast vollkommen farblos. Die Pflanzen vertragen leichter eine größere Nässe, wenn sie von reinem Wasser herrührt; sie leiden aber und gehen unter in der sogenannten stockenden Nässe, welche zur Bildung und Ansammlung von sauren Humuskörpern Veranlassung giebt. —

Es ist mitunter die Beobachtung gemacht worden, daß ein drainirter Boden, welcher in den ersten Jahren nach Legung der Röhren ausgezeichnete Erträge lieferte, allmälig wieder an Fruchtbarkeit abzu-

nehmen begann. Man hat diese Erscheinung dadurch zu erklären versucht, daß man annahm, dem Boden seien mit dem Wasser, welches die Röhren ableiten, zugleich die löslichen Nahrungsstoffe in größerer Menge fortgeführt worden; und man hat aus diesem Grunde, sich auf die vorliegende Thatsache stützend, vor der unbedingten Ausführung der Drainage gewarnt. Die vorerwähnte Erscheinung der Abnahme in der Fruchtbarkeit kann jedoch mannigfache Ursachen haben, von denen wir hier nur auf eine, welche gewiß allgemeiner auftreten wird, aufmerksam machen wollen. Die nassen Aecker erfordern, wie wir wissen, eine bedeutende Quantität von Nahrungsmitteln, um die Pflanzen einigermaßen zur Ausbildung gelangen zu lassen; und der ausübende Landmann pflegt die schädlichen Einflüsse der Nässe eben zunächst durch große Massen von Dung zu mildern. Da nun der nasse Boden den erhaltenen Dünger langsam zersetzt, und die gebildeten Zersetzungsprodukte conservirt, so ist es klar, daß sich in demselben allmälig ein sehr bedeutendes Dungcapital anhäufen muß. Wenn nun der Boden durch die Drainage entwässert, das Hinderniß also, welches der Ausnutzung des Düngers entgegenstand, beseitigt wird, so kommt augenblicklich eine bedeutende Quantität von Nahrungsmitteln zur Wirkung: der drainirte Boden ist weit reicher an Dünger, als der angrenzende, welcher der Drainage nicht bedurfte, und welcher schon seit lange wenigen Dung erhielt, und davon eine bedeutendere Quantität zur Bildung der größeren Ernte hergeben mußte. Die außerordentliche Wirkung, welche die Drainage in der ersten Zeit nach sich zieht, ist in vielen Fällen also nicht die unmittelbare Folge der Wasserentziehung allein, sondern die Folge des großen Dungcapitals. Daß diese Wirkung nun, wenn dem großen Ertrage bei der fortlaufenden Düngung keine entsprechende Rechnung getragen wird, mit der Zeit vermindert werden muß, ist nicht schwer einzusehen.

2. Bewässerung.

Wenn ein übermäßiger Wassergehalt des Bodens sowohl durch die Beschaffenheit und Mischung der Erden, als auch unabhängig von denselben durch die Lagerungsverhältnisse bedingt sein kann, so liegt dem Mangel an Feuchtigkeit (abgesehen von den atmosphärischen Verhältnissen) immer eine ungünstige Erdmischung zu Grunde, und mit

derselben treten dann alle übrigen die Vegetation hindernden Eigenschaften der leichten Bodenarten auf, welche früher weitläufiger beschrieben worden, und zu denen besonders die zu große Lockerheit und das Unvermögen, die Nahrungsstoffe zu binden, gerechnet werden muß. Die Erden, um welche es sich hier handelt, sind der Quarz- und Kalksand und der aus sehr wenig zersetzten Pflanzenüberresten gebildete Torf. Eine unmittelbare Zuführung von Wasser ist bis jetzt nur in der Gärtnerei und im Großen bei Wiesen in Anwendung gekommen. Was die Wiesen betrifft, so wird deren ganze Behandlung am Ende dieses Werkes im Zusammenhange besprochen werden, und wir übergehen hier deshalb auch die Berieselung derselben. Daß es übrigens Verhältnisse giebt, unter denen auch die directe Bewässerung des Ackerbodens mit Vortheil ausführbar ist, ist gar nicht zweifelhaft. Durch dieselbe wird jedenfalls auch der leichteste Sandboden außerordentlich verbessert, aber immer doch mehr für das Wachsthum der Futterkräuter, als der Körnerfrüchte geschickt werden.

Indirect können wir den Feuchtigkeitsgehalt des Bodens zunächst durch Einrichtungen erhöhen, welche die wässerigen atmosphärischen Niederschläge vermehren, und die Abdunstung aus dem Boden verlangsamen.

Die klimatischen Verhältnisse, welche eine außerordentlich große Bedeutung für die Vegetation besitzen, sind zwar der Einwirkung des Menschen fast vollkommen entzogen, und nur durch Anlegung großer Wälder, oder durch Abholzung der bestehenden läßt sich das Klima ein wenig, der Feuchtigkeitsgehalt der Luft aber und des angrenzenden Ackerbodens oft sehr beträchtlich modificiren. In geringerem Grade wird jedoch dasselbe für einzelne Feldmarken durch Anlegung von lebendigen Hecken erreicht. Die Hecken halten die Luftströmungen in den auf dem Ackerboden auflagernden untersten Schichten der Atmosphäre auf. Wie sehr die Bewegung der Luft die Verdunstung aller Flüssigkeiten befördert, haben wir schon früher bemerkt. Eine Behinderung des Luftzuges ist daher einer indirecten Bewässerung gleich zu achten, da sie die Ausdunstung der Feuchtigkeit verlangsamt. Hecken werden demnach überall auf Boden, welcher Mangel an Feuchtigkeit hat, angebracht sein, und werden doppelt günstig da wirken, wo der Sand durch die Winde bewegt wird. Sie müssen, wenn sie ihre volle Wirkung ausüben sollen, in einer Richtung angelegt werden,

welche senkrecht steht zu der herrschenden Windesrichtung, und besonders zu derjenigen der austrocknenden Winde; also bei uns in der Richtung von Nordwest nach Südost. Natürlich sind hier die Terrainverhältnisse zu berücksichtigen. Eine Unannehmlichkeit ist jedoch überall mit den Hecken verbunden, nämlich die, daß sich der Schnee hinter ihnen anhäuft und im Frühjahr schwer schmilzt, und dadurch der Saat Schaden zufügen kann.

Dieselben Gründe, welche die Anlegung von Hecken auf leichtem Boden empfehlen, machen dieselbe für nassen Boden unräthlich. Hier muß im Gegentheil alles, was dem freien Luftzuge, und somit der Abtrocknung des Bodens hinderlich ist, aus dem Wege geräumt werden.

Der Wassergehalt eines Bodens kann also geändert werden: 1) durch directe Ab- und Zuleitung; 2) durch die Regulirung der die Verdunstung befördernden Luftbewegung; er kann 3) noch geändert werden durch die Umänderung der wasserhaltenden Kraft der Bodenmischung. Und um einem leichten Boden die größtmögliche Fruchtbarkeit zu geben, bleibt nichts Anderes übrig, als ihm diejenigen Substanzen beizumischen, welche durch ihre wasserhaltende Kraft und ihren Schutz gegen die Verdunstung ausgezeichnet sind, und zu gleicher Zeit überhaupt die nothwendigen Bestandtheile eines fruchtbaren Bodens ausmachen: das sind für den Sand- und Kalkboden der Lehm und Moder. Für den Torf aber wird der Sand ein wirksames Verbesserungsmittel sein, trotz seiner geringen wasserhaltenden Kraft: er macht den schwammigen Torfboden fester, verhindert dadurch zugleich seine schnelle Austrocknung, und befördert endlich seinen Uebergang in Humus (Moder). Wir verwandeln also den Sandboden in einen humosen Sand- oder in einen lehmigen Sandboden, den Torf aber in einen sehr humusreichen Sandacker. Auf solche Weise eine ganz neue Ackerkrume zu schaffen, ist natürlich nur da möglich, wo die Materialien dazu nicht nur vorhanden, sondern auch so gelagert sind, daß ihre Ausgrabung und Abfuhr nicht mit zu großen Schwierigkeiten und Kosten verbunden sind. Wo aber die Verhältnisse den in Rede stehenden Meliorationen günstig sind, da sollte man sie vor allen Dingen sofort ausführen, und nicht statt dessen große Dungmassen verschwenden.

Wie bei jeder Fabrication, so kommt es, wie gesagt, auch im Ackerbau hauptsächlich darauf an, die Rohstoffe möglichst vollständig auszuarbeiten. Erlaubt der fehlerhafte Apparat nicht die überhaupt

zu erreichende Ausbeute, so wird man seine Fehler auszubessern suchen, vorher aber überlegen, ob die Kosten der Ausbesserung dem dadurch zu erzielenden Gewinn entsprechen, oder ob es nicht etwa vortheilhafter sei, den ganzen Apparat fortzuwerfen und statt dessen einen neuen anzuschaffen. So wird man auch bei den in Rede stehenden Meliorationen wohl zu berechnen haben, ob nicht etwa die Kosten derselben sich zu einer solchen Höhe belaufen werden, daß man für dieselben vortheilhafter einen Acker kaufen kann, welcher die erwünschten Eigenschaften in höherem Maße schon besitzt, als sie dem zu meliorirenden im günstigsten Falle einverleibt werden können.

Was nun die Veränderungen betrifft, welche sich auf die Mischung der *festen* (nicht nährenden) Bodenmasse beziehen, so können dieselben nur durch *Zufuhr* der fehlenden Erdarten bewirkt werden; eine Wegführung derjenigen festen Bestandtheile, welche in zu großer Menge vorhanden sind, ist natürlich nicht möglich. Wir werden im Folgenden die *Zufuhr* und *Vermischung* (mit der Ackerkrume) der vier festen Hauptbestandtheile des Bodens etwas näher besprechen. Die Bedeutung derselben, welche sich nicht allein auf den Wassergehalt bezieht, ist schon früher ausführlicher angegeben worden.

3. Lehm-Zufuhr.

Der Lehm kommt in abwechselnden Lagen und Schichten über und unter dem Sande vor; in die Tiefe bohrend wird man unter jedem Sandboden in kürzerer oder weiterer Entfernung von der Oberfläche Lehm antreffen. Mitunter liegt er so nahe unter der sandigen Ackerkrume, daß er durch tiefes Pflügen, oder doch durch Rajol- oder Spatpflügen mit derselben vermischt werden kann. In anderen Fällen lagert er in gebogenen Schichten, welche sich hier tiefer unter die Oberfläche senken, dort ziemlich nahe an dieselbe herantreten, auch wohl die Sandschicht ganz durchbrechen und als Kuppen zu Tage kommen. Wo der Lehm tiefer unter der Oberfläche liegt, da wird sich das Heraufbringen desselben höchstens dann lohnen, wenn er sehr mächtige Lager bildet; die zu Tage tretenden Kuppen und Hügel sind aber natürlich desto leichter abzufahren, und es können dadurch selbst die abgefahrenen Stellen, indem sie mehr geebnet werden, sich verbessern. Und wo solche Lehmhügel, oder dicht unter der Oberfläche auftretende Lehmlager, in

der Sandfläche zerstreut vorkommen, und dadurch den Transport so abkürzen, daß sie selbst durch Menschenhände abgekarrt werden können, da ist ihre Vermischung mit dem Sande so erleichtert, daß es unverantwortlich sein würde, dieselbe zu unterlassen. Es giebt gar nicht selten Verhältnisse, wo eine Zufuhr von etwa 10 Procent Lehm wenig mehr kostet, als eine gute Guanodüngung. Da die Verbesserung durch den Lehm nun aber für ewige Zeiten dauert, so sind natürlich, statt der Gesammtkosten, durch den jährlichen Mehrertrag nur die vollen Zinsen derselben aufzubringen. Die so jährlich zu deckenden Kosten der Melioration würden also in dem gesetzten Falle für den Morgen etwa dem Preise von 8 bis 10 Pfund Guano gleichkommen. Die durch 10 Procent Lehm erreichte Ersparniß an Dünger übersteigt aber sicherlich jenes Quantum Guano, und es wird nach der Melioration höchst wahrscheinlich durch 100 Pfd. Guano eine höhere Ernte erzielt werden als früher durch 150 Pfd.; und dabei würde der Boden nicht an Productionskraft ab-, sondern noch zunehmen. Der Lehm selbst gehört, wie wir gesehen haben, als mit Sand gemischte unlösliche kieselsaure Thonerde, nicht zu den Nahrungsstoffen der Pflanzen; der Lehm ist kein Dünger, aber er ist in dem besprochenen Falle in seiner Wirkung derjenigen einer gewissen Quantität Dünger vollkommen gleich zu achten: denn, indem er die vollständigere Ausarbeitung des Düngers veranlaßt, ersetzt er einen Theil desselben, welcher früher der Production verloren ging; gleichwie die verbesserten Brennereiapparate, indem sie aus weniger Kartoffeln und Korn eine gleiche Quantität Spiritus liefern, als die unvollkommenen aus einer bedeutend größeren Quantität, bei der Fabrication als einen Antheil Rohmaterial vertretend betrachtet werden können.

Daneben ist aber mit zu berücksichtigen, daß manche Lehmsorten in der Wirklichkeit allerdings mit nicht unbedeutenden Massen von pflanzlichen Nahrungsstoffen gemischt sind. Wenn diese Beimischungen auch nur $\frac{1}{10}$ Procent betragen, so kommen davon doch schon etwa 150 Pfd. auf den preußischen Morgen, wenn demselben 10 Procent Lehm zugeführt werden. Einige Lehmsorten enthalten aber selbst schon $\frac{1}{10}$ Procent Stickstoff in Ueberresten organischer Wesen. Daß diese eine direct düngende Wirkung haben müssen, erhellt leicht, wenn man bedenkt, daß in 100 Pfd. Guano nur 15 Pfd. Stickstoff enthalten sind. Aber man würde dennoch sehr irren, wenn man durch die im Lehm

zugeführten Nahrungsstoffe eine unmittelbare Wirkung erwarten wollte, welche derjenigen einer vollständigen Guanodüngung gleichkäme. Denn erstens sind im Lehm die Nahrungsmittel nicht schon als fertig gebildete, im freien und löslichen Zustande, vorhanden; sie sind darin sogar nicht einmal in solchen Verbindungen, welche leicht in Zersetzung, und durch dieselbe in disponible Nahrungsstoffe überzugehen vermögen, zugegen, was beides im Guano der Fall ist. Und zweitens sind überhaupt nur diejenigen Nahrungsstoffe des zugeführten Lehms als von unmittelbarem Einfluß auf die Vegetation zu betrachten, welche in demselben in einer verhältnißmäßig größeren Menge enthalten sind, als im Sande, welchem er beigemischt wird. Auch derjenige Sand, welcher für die Cerealien fast vollkommen unfruchtbar ist, erhält dennoch in sich eine Quantität von Nahrungsmitteln, welche für den ganzen Morgen berechnet, durch nicht unbedeutende Zahlen ausgedrückt werden, die aber dessenungeachtet nicht verwerthet werden können, weil die Concentration ihrer Lösung zu schwach ist. Würde man nun einen solchen Sandboden mit einer Schicht eines gleichen Sandbodens überfahren, so würde man ihm damit allerdings auch eine ziemliche Menge von Nahrungsstoffen hinzuführen; aber die Wirkung derselben würde dennoch gleich Null sein, eben weil die Concentration der Bodenflüssigkeit in Nichts dadurch geändert wurde; wie es der Fall gewesen wäre, wenn die gleiche Quantität der Nahrungsmittel für sich, ohne Sand, also etwa in Form von Guano dem Boden einverleibt worden wäre. Ebenso verhält es sich natürlich mit dem Lehm: derjenige Theil seiner Nahrungsmittel, welcher bei der vorhandenen Quantität Wasser nicht mehr die Pflanzen ernähren kann, vermag offenbar keinerlei Wirkung auszuüben, und bleibt nur diejenige Quantität als befruchtend übrig, welche über jenen Antheil hinaus zugegen ist.

Aber selbst in dem Falle, wo der Lehm ziemlich reich an nährenden Substanzen ist, wird es dennoch im Interesse des Ackerbaues liegen, diesen Gehalt insofern unberücksichtigt zu lassen, als ihm deshalb von der laufenden Düngung nichts entzogen werden darf. Denn jeder Boden muß, um reichliche Ernten zu liefern, ein nicht unbedeutendes stehendes Dungcapital besitzen, welches ihm durch die Lehmzufuhr noch lange nicht in hinreichender Quantität zuertheilt wird. (Bei der Kostenberechnung der Lehmzufuhr aber sind natürlich die zur Wirkung kommenden nährenden Stoffe im vollen Werthe mit zu berechnen.)

Die Abneigung gegen dergleichen Veränderungen der Bodenmischung ist merkwürdiger Weise noch ziemlich allgemein verbreitet; sie ist um so unerklärlicher, als die Mergelung allgemein nicht nur als ausführbar, sondern sogar als sehr gewinnbringend betrachtet und in Anwendung gebracht wird. Der Mergel wirkt zwar, wie später angegeben werden soll, noch auf andere Weise als der Lehm; aber im Sandboden wird seine Hauptwirkung immer in der Wirkung des in ihm enthaltenen Lehms bestehen; und die Praxis hat für den leichten Boden schon lange dem Lehmmergel vor dem Sandmergel den Vorzug zuerkannt. Uebrigens wird man vielleicht seltener einen Lehm finden, welcher ganz frei von Kalk ist, als solchen, dem ein oder einige Procent Kalk beigemischt sind.

Der zugeführte Lehm darf nicht sofort über den Boden ausgebreitet, oder gar untergepflügt werden, sondern muß erst wenigstens einen Winter und wo möglich auch noch einen Theil des Sommers in mäßigen *Haufen* liegen bleiben. Dadurch wird die Zersetzung der eingeschlossenen organischen Substanzen befördert. Die sich daraus entwickelnden Gasarten, im Verein mit der allmäligen Austrocknung und dem Frost des Winters, verursachen eine Auflockerung und ein Zerfallen der vordem zähen, zusammenhängenden Massen, und ermöglichen so ihre *gleichmäßige* Vertheilung und Vermischung mit der Ackerkrume. Enthielt der Lehm einige Procent Kalk, so wird das Zerfallen desselben noch vollständiger sein. Die gleichmäßige Mischung des Lehms mit dem Sandboden ist ein Haupterforderniß für seine Wirkung. Um dieselbe zu erreichen, wird man vor allen Dingen einen Zeitpunkt für die Arbeit auswählen müssen, in welchem der Lehm denjenigen Grad von Feuchtigkeit besitzt, in welchem er sich am leichtesten vertheilen und zerkrümeln läßt. Die verschiedenen Lehmsorten verhalten sich in dieser Beziehung außerordentlich ungleich; und während die einen beim Austrocknen fest wie ein Stein werden, sich im mäßig feuchten Zustande aber sehr leicht vertheilen lassen, zerfallen dagegen andere Arten gerade im mehr trockenen Zustande am leichtesten. Für die Unterbringung des Lehms hat man passende Ackerwerkzeuge auszuwählen, und zunächst durch *flache* Bearbeitung die oberen Schichten des Bodens mit dem Lehm möglichst vollständig zu mischen. Hat der Lehm nur lange genug an der Luft gelegen, so ist übrigens eine anfänglich nicht vollständige Vermischung keineswegs

von so nachtheiligen Folgen begleitet, als man gewöhnlich anzunehmen geneigt ist.

Wo es der Kostenpunkt erlaubt, da wird man durch ein Zusammenschichten des Lehms mit Dünger, oder wenigstens mit gutem Moder, und nachherigem Liegenlassen in Haufen, einen außerordentlichen Erfolg beobachten. Der Lehm wird durch die aus der Verwesung des Düngers sich in großen Mengen entwickelnden Gase, sowohl mechanisch aufgelockert, als auch (durch die Kohlensäure und das Ammoniak) chemisch zersetzt. Durch die, auf solche Weise beförderte Aufschließung der Mineralien werden deren Bestandtheile theilweise in lösliche Nahrungsmittel übergeführt, welche sich dem beigemischten Dünger zugesellen. Die so durch und durch gelockerte, in allen ihren Theilen mit löslichen Nahrungsmitteln durchdrungene Lehmmasse läßt sich leichter mit dem Sandboden mischen, und daß ihre Wirkung eine ganz vorzügliche sein muß, liegt auf der Hand.

4. Moder-Zufuhr.

Ueber die Vermischung der Ackererden mit Moder muß zunächst im Allgemeinen dasselbe gesagt werden, was bei dem Lehm angeführt wurde. Die Anwendung jenes ist jedoch nicht allein auf leichten Boden beschränkt, sondern für alle diejenigen Erden passend, welche nicht schon hinlänglich damit versorgt sind.

Die Frage, ob ein leichter Sandboden vortheilhafter mit Lehm, oder mit Moder vermischt wird, in Fällen, wo die Zufuhr beider mit einem gleichen Kostenaufwand gestattet ist, wird entschieden durch die Beantwortung der Frage, ob unter den obwaltenden Umständen ein sandiger Lehmboden einem sandigen Humusboden vorzuziehen, oder umgekehrt. Am wirksamsten würde jedenfalls eine Zufuhr von beiden, und zwar mit vorherrschendem Lehm, sich erweisen. Wo es sich aber nur um eine der beiden Substanzen handelt, da wird der Lehm immer, und um so mehr vorzuziehen sein, je sandiger und trockener der zu meliorirende Boden ist. Der Humus wird sich dann bald aus dem Dünger und den Pflanzenüberresten bilden und ansammeln. Dem ganz leichten Boden vermag der Moder nicht die gehörige Festigkeit zu geben, und die den Luftzutritt befördernde Auflockerung durch die Ackerwerkzeuge wird den Moder sich ziemlich schnell zersetzen und wieder

aus dem Boden verſchwinden laſſen. Auf beſſerem, mit mehr Lehmtheilen vermiſchten, oder feuchter gelegenen Sandboden wird die Zufuhr des Moders ſich in höherem Maße verlohnen. Unter jeder Bedingung hat man aber für leichteren Boden nur gut zerſetzten Moder, und keine torfigen Maſſen auszuwählen. Die letzteren unterliegen der Austrocknung oft ſchneller, als der Sand; ſie werden immer nur wenig nützen, häufig aber ſogar durch vermehrte Auflockerung ſchaden. Nur wo es ſich um die Befeſtigung von Wehſand handelt, können größere Quantitäten von ſtückigem Torf mitunter nützlich werden. Der vergangene Moder, oder namentlich Raſenſtücke, wirken aber natürlich auch hier beſſer.

Der Moder muß wie der Lehm vor ſeiner Ausbreitung über den Acker längere Zeit in Haufen gelegen haben; anderenfalls wirkt er oft wenig, und häufig ſogar ſchädlich. Man nimmt mitunter irrthümlicher Weiſe an, daß es nur darauf ankomme, den Moder (ſo wie überhaupt alle aus der Tiefe ausgegrabene Erden) der Einwirkung des atmoſphäriſchen Sauerſtoffes möglichſt vollſtändig auszuſetzen; und daß deshalb eine ſofortige Ausbreitung von beſonderem Nutzen ſein müſſe. Worauf es ankommt, das iſt die Zerſetzung des Moders, und namentlich diejenige der in ihm enthaltenen braunen, ſauren Humusextracte. Dieſe Zerſetzung erfordert allerdings den Zutritt des Sauerſtoffes, aber ſie erfordert noch mehr: ſie wird zugleich bedingt durch einen gewiſſen Feuchtigkeitsgrad und durch eine hinreichende Temperatur. An der Luft in dünnen Lagen ausgebreitet, würde der Moder das eine Mal zu naß, daß andere Mal zu trocken ſein, und von jedem Wechſel der Temperatur betroffen werden; in Haufen liegend, welche nicht größer ſein dürfen, als ſie von der atmoſphäriſchen Luft mäßig durchdrungen werden können, behält die ganze Maſſe bis auf die Oberfläche beſtändig eine faſt gleichmäßige Feuchtigkeit, welche wenigſtens nie zu hoch ſteigt, oder zu niedrig ſinkt, um die fortſchreitende Zerſetzung zu verhindern; die ſich dabei entwickelnde Wärme wird in den Haufen zurückbehalten, und dieſelben nehmen dadurch im Innern eine höhere Temperatur an, welche die Verweſung bei dem bleibenden Feuchtigkeitsgrade in hohem Maße befördert. Die in den Haufen vor ſich gegangene Veränderung wird man bei dem ſpäteren Auseinanderbringen ſehr deutlich wahrnehmen; ſelbſt torfige Maſſen können, wenn ſie mehrere Jahre hindurch unangerührt liegen bleiben,

in einen guten, wirksameren Moder verwandelt werden. Aus den angeführten Gründen hat man die aus Gräben ausgeworfene Erde nie sogleich auszubreiten, besonders wenn dieselbe aus Lehm oder modrigen Massen besteht. Breitet man aber die eine Hälfte sogleich aus, die andere aber erst nach einem halben oder einem ganzen Jahre, so wird man sich von der ungleichen Wirkung auf eine sehr in die Augen fallende Weise überzeugen können.

Durch die Vermischung mit Kalk oder Asche, durch Begießen mit Jauche oder Zusammenschichten mit Dünger, wird die Zersetzung des Moders und seine befruchtende Wirkung außerordentlich befördert.

Was über die Wirkungsweise des Moders überhaupt anzuführen ist, fällt mit dem, was über den Lehm gesagt wurde, im Allgemeinen zusammen. Er bewirkt zunächst eine vollständigere Ueberführung der vorhandenen Nahrungsmittel in Pflanzensubstanz durch die Verbesserung des die Pflanzenernährung vermittelnden Theils der Ackererden. Der Humus wirkt conservirend auf den Nahrungsmittelgehalt des Bodens; er hat, wie schon mehrmals erwähnt, besonders zum Ammoniak eine große Verwandtschaft, und verhindert die Verflüchtigung sowohl des aus dem zugeführten Dünger sich entwickelnden, als des durch die atmosphärischen Niederschläge dem Boden zugeführten Theils. Uebrigens verweisen wir in Betreff der weiteren Bedeutung des Moders auf das früher über den Humus schon Angeführte.

Der Moder besteht aber nicht aus reinen Humuskörpern d. h. aus Verbindungen von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; sondern enthält natürlich auch von den übrigen Stoffen, welche in den Pflanzen, aus denen er hervorging, angesammelt waren; er enthält Stickstoff und die Aschenbestandtheile, zum großen Theil noch in gebundenem, zum Theil aber auch (und zwar im Verhältniß seines Zersetzungsgrades, mehr oder weniger) im freien Zustande; den Stickstoff alsdann in Form von Ammoniak. Die Aschenbestandtheile bestehen meist aus kohlensauren Kalk- und Kalisalzen, mit geringeren Beimischungen von phosphorsauren Verbindungen; übrigens ist ihre Beschaffenheit abhängig von der Art der Pflanzen und Pflanzentheile, von denen der Moder abstammt; der Torf, aus Moosen hervorgegangen, schließt mehr Kalk und weniger Kali und Phosphorsäure in sich, als der aus Gräsern und Laub gebildete Moder. Der Torf steht daher auch in direct nährender Beziehung dem Moder aus doppelten Gründen nach: erstens

enthält er überhaupt weniger von den vorzugsweise von den Ackerbaupflanzen geforderten Nahrungsstoffen, und zweitens sind von allen seinen Aschenbestandtheilen nur sehr wenige in freiem Zustande, und ebensowenig fertig gebildetes Ammoniak vorhanden. Die Beförderung der Verwesung des Moders wirkt also nicht allein durch Verbesserung seiner mechanischen und physikalischen Eigenschaften, und durch die Zersetzung von schädlichen Humusextracten; sondern auch durch die Vermehrung seiner wirksamen Nahrungsstoffe.

Für den schweren Lehmboden, wo der Moder nicht befestigen, sondern lockern, wo er nicht die wasserhaltende Kraft vermehren, sondern vermindern soll, da wird natürlich der Torf, falls er nur zerfallen und zertheilt ist, mitunter bessere Dienste thun, als der gute Moder.

5. Sand-Zufuhr.

Der Sand macht einen nothwendigen Bestandtheil jedes fruchtbaren Ackerbodens aus. Wenn ein Boden mehr als 80 Procent abschlemmbare thonige Massen, oder wenn er mehr als 50 Procent reinen Thon (kieselsaure Thonerde) enthält, so ist er für die Cultur fast völlig unbrauchbar; und auch noch bei einem Gehalt von 10 Procent weniger, ist seine Production großen Zufälligkeiten und Fährlichkeiten unterworfen. Die Zufuhr von Sand ist für solche Bodenarten von ähnlicher Bedeutung, wie die Zufuhr von Lehm für den Sandboden.

Der reine Moorboden, wenn er auch nicht so ganz unfruchtbar ist, wie der reine Thonboden, und noch Futterkräuter, Raps, Hafer, Buchweizen ꝛc. produciren kann; so ist er doch für den Anbau der übrigen landwirthschaftlichen Gewächse und besonders für die Winterfrüchte vollkommen unsicher und mehr oder weniger unbrauchbar. Eine Vermischung mit Sand verbessert ihn auffallend; und wenn der Sand in hinreichender Menge in der Nähe der Moore vorkommt, giebt es vielleicht kaum eine Melioration, welche sich so sicher und schnell bezahlt macht, wie die in Rede stehende. Wenn der Moorboden ziemlich feucht liegt und mit einer festen, zähen Pflanzennarbe bedeckt ist, so überfährt (überkarrt) man ihn im Winter mit einer Sandschicht von etwa 3 Zoll dicke, indem man dieselbe sofort ausbreitet; denn ein Liegenlassen in Haufen wäre hier völlig unnütz, da keine, oder höchstens doch nur sehr wenige, zersetzungsfähige Substanzen vorhanden sind.

Im Frühjahr säet man auf die Sandschicht Hafer und egget ihn, so gut es nur gehen will ein; derselbe wird in den meisten Fällen sehr gut gerathen. Der Sand ersetzt hier also sogar die Beackerung, und macht sich schon dadurch fast bezahlt, da dieselbe bei der festen Narbe immer mit großen Umständen verbunden ist; in vielen Fällen aber, wo die Lockerheit des Bodens die Gespanne nicht trägt, ganz unmöglich ist. Im Herbste ist die Narbe unter dem Sande völlig vergangen, und das Stoppelland läßt sich nun, wenn es die Ackerthiere trägt, leicht umpflügen; jedenfalls aber durch Menschenhände leicht umgraben oder umhacken. Wo der Moorboden nicht naß liegt, wird er jetzt schon ziemlich guten Winterroggen tragen; sicherer jedoch erst in vielen Fällen nach wiederholter Sandzufuhr. Wo eine Entwässerung nöthig ist, da muß dieselbe natürlich vor dem Ueberfanden ausgeführt werden. Einen noch an großer stockender Nässe leidenden Moorboden würde man durch die Bedeckung mit Sand immer noch mehr verschlechtern; die feste und nasse (soggige) Sanddecke würde sich sehr bald mit Binsen und Schachtelhalmen überziehen.

Der reine Kalkboden kommt nicht so sehr häufig vor; wenn derselbe aus deutlichen Kalkkörnern besteht, so ist er dem Quarzsand in seinem Verhalten am ähnlichsten; und eine Vermischung mit Sand wird nur für den feinen Kalkschlamm, wenn er an Bindigkeit und Nässe leidet, nöthig sein.

6. Kalk-Zufuhr.

Der kohlensaure Kalk hat neben dem Thon, dem Humus und dem Quarzsand auch seine Bedeutung für die die Ernährung vermittelnde Hauptmasse der Ackererden; da er aber noch in anderer Weise, und zwar vielleicht vorwiegend wirkt, so soll die Kalkung und Mergelung später besprochen werden.

Beackerungsarbeiten.

Auch der beſt gemiſchte Boden bedarf einer periodiſch zu wiederholenden mechaniſchen Bearbeitung; und nur in ganz vereinzelt daſtehenden Fällen hat die Natur dem Menſchen dieſe Arbeiten abgenommen. In den Nilthälern, welche alljährlich von dem Strom überſchwemmt und mit einer Schicht erdigen Schlammes überzogen werden; da beſchränkt ſich, oder beſchränkte ſich wenigſtens früher, der ganze Ackerbau auf das Eintreten der Saat in den weichen Schlamm, und auf die Bergung der reichlichen Ernte.

Die Beackerungsarbeiten haben verſchiedene Zwecke: 1) die Auflockerung und Umwendung des Erdbodens; 2) die Zerſtörung und Entfernung des Unkrautes; 3) die Unterbringung des Düngers und der Einſaat. Wir haben es hier zunächſt nur mit den beiden erſten Punkten zu thun.

Durch die Beackerung ſoll der Boden nicht nur ſo gelockert werden, daß er der Verbreitung der Pflanzenwurzeln keinen ſchädlichen Widerſtand entgegenſetzt; ſondern er ſoll auch der Einwirkung des atmoſphäriſchen Sauerſtoffes geöffnet werden, zwecks Einleitung der oft berührten Zerſetzungen der mineraliſchen und vegetabiliſchen Beſtandtheile des Bodens. Die Unkrautpflanzen ſollen durch Ausreißen und Bedecken mit Erde getödtet, oder anderenfalls aus dem Boden entfernt werden. Die Beackerung bezieht ſich alſo nicht allein auf die Verbeſſerung des die Ernährung der Pflanzen vermittelnden Theils der Ackererde, ſondern mittelbar auch auf die Beſchaffung von löslichen Nahrungsmitteln.

Wie die Beackerungsarbeiten nach wiſſenſchaftlichen Grundſätzen für jeden Boden am zweckentſprechendſten auszuführen ſind; darüber kann leider wenig Beſtimmtes angegeben werden. Dieſer Theil der Ackerbaukunde iſt offenbar ſehr vernachläſſigt worden, noch mehr als der vorangehend beſprochene. Die Agriculturchemie, welche in neuerer Zeit alle Fragen des Ackerbaues vom Standpunkt der Nahrungsmittellehre aus zu löſen verſuchte, hat die Aufmerkſamkeit von den übrigen Punkten zu ſehr abgelenkt. Auf die Behandlung und Anſchaffung des Düngers kommt ſelbſtverſtändlich ſehr viel an; aber es iſt damit nicht

alles gethan. Zu dem stehen, wie wir gesehen haben, alle die Arbeiten, welche sich zunächst auf den nicht nährenden Theil des Bodens beziehen, im innigsten Zusammenhange mit der Nahrungsmittelfrage. Durch eine passende Beackerung kann sehr viel Dünger gespart, durch eine unpassende sehr viel verschwendet werden.

Wenn häufig die Ansicht ausgesprochen worden ist, daß es bei der Beackerung nur darauf ankomme, den Boden möglichst zu zerkleinern und zu pulverisiren; so ist solche Ansicht, allgemein betrachtet, vollkommen irrig. Die Ackererde soll nicht überall ein gleichmäßiges, feines Pulver darstellen; sondern sie soll sich zu einem solchen etwa verhalten, wie ein guter, durch und durch poröser Brodtaig zum Mehl verhält. Die Erde soll locker und porös sein, aber dabei doch immer einen gewissen Zusammenhang in ihren einzelnen Theilen behalten. In einen solchen Zustand kann der Boden durch Pulverisirung allein nicht versetzt werden; seine Entstehung beruht auf ganz ähnlichen Bedingungen, als die Gährung des Brodtaiges, nämlich auf der Verwesung der organischen Substanzen, und den daraus sich entwickelnden Gasarten. Wenn eine Wurzel z. B. vermodert, so wird ihr Volumen vermindert, und es bildet sich ihrer ganzen Länge nach ein Porenkanal; die dabei entstandenen und entwickelten Gase aber durchdringen die angrenzenden Erdschichten, und erfüllen dieselben mit größeren und kleineren Blasenräumen.

Die Verhältnisse, unter welchen die Verwesung am schnellsten fortschreitet, sind erst kürzlich beim Lehm und Moder weitläufiger besprochen worden. Die vollkommenste Bearbeitung sehr vieler, namentlich der schwereren Bodenarten würde demnach dadurch erreicht, daß die Ackerkrume in mäßige Haufen zusammengebracht wird, und in solchen den Winter über, und wo es erforderlich ist, auch noch einen Theil des Sommers, liegen bleibt, und dann vor der Einsaat wieder aus einander gebreitet wird. Eine solche Behandlung ist allerdings für jetzt der bedeutenden Kosten halber im Großen nicht ausführbar. Annährend würde man in manchen Fällen dasselbe erreichen, wenn man den Acker durch geeignete Instrumente zu hohen Kämmen aufpflügte, und so längere Zeit hindurch liegen ließe. Durch eine derartige Bearbeitung wird nicht allein ein erwünschter mechanischer Zustand erreicht, sondern zugleich auch die Ueberführung der Nahrungsmittel in die lösliche Form. Diese letzteren aber können weder durch Wasser fort-

gewaschen werden, noch, wenn sie flüchtig sind, in die Luft übergehen, was beides in dem nach gewöhnlicher Weise gepflügten Acker sehr häufig der Fall ist.

Da also die Herstellung einer möglichst günstigen Beschaffenheit des Bodens abhängig ist von der Verwesung organischer Substanzen, so tragen auch die Unkrautpflanzen in günstigster Weise ihr Theil dazu bei. Es versteht sich daher von selbst, daß man das Unkraut wo möglich zu zerstören und in eine solche Lage zu bringen hat, daß es der Zersetzung anheimfällt, nicht aber aus dem Acker zu entfernen hat; es sei denn, daß es sich um solche Pflanzen handelt, welche unter den obwaltenden Umständen sehr schwer getödtet werden können, wozu besonders die Quecke zu rechnen ist. Vollständig bedeckt, in den vorhin besprochenen Haufen, würden aber auch diese unfehlbar absterben und verwesen.

Um die Zersetzung der Pflanzenüberreste und der Unkrautpflanzen zu erreichen, ist der Boden in allen Fällen wo möglich zeitig im Herbste umzupflügen. Wo eine zähe Narbe auftritt, da mag es wohl vortheilhaft sein, den Acker im Herbste dergestalt zu pflügen, daß zwischen den Pflugfahren ein Balken stehen bleibt, auf welchen der Pflugstreifen umgewendet gestürzt wird; so daß also die beiden Grasflächen einander berühren. Eine solche Pflugart stellt übrigens schon kleine Kämme her.

Die Zersetzung der pflanzlichen Stoffe wird durch zu große Nässe ebenso beeinträchtigt, als durch zu große Dürre. Wenn ein nasser und schwerer Boden mit einer starken Narbe überzogen ist, so ist es nicht überall möglich, dieselbe in dem Boden zu zerstören und zu zersetzen. Wo man dies beabsichtigt und vermittelst einer tieferen Beackerung und möglichst vollständigen Umwendung des Pflugstreifens zu erreichen sucht, da muß man den so gepflügten Boden unter allen Umständen längere Zeit, und auch noch während der wärmeren Tage des Jahres, unberührt liegen lassen, damit die hier langsam eintretende Zersetzung einigermaßen vorschreiten kann. Wenn man nicht so verfährt, sondern die zweite Furche bald folgen läßt, so werden durch dieselbe die noch unzersetzten Rasenstücke großentheils wieder heraufgebracht, und die Zerkleinerung derselben durch die Eggen ist, wegen der stückigen Beschaffenheit, kaum zu erreichen. Die Zurichtung des Bodens ist auf solche Weise ganz außerordentlich erschwert, und erfordert doppelte Zeit und Arbeit. Wenn man daher unter den in Rede stehenden

Verhältniſſen den erſtgepflügten Boden nicht lange genug liegen laſſen kann, ſo muß man überhaupt von der Zerſtörung und Zerſetzung der Narbe innerhalb des Bodens abſtehen, ſondern dieſelbe aus dem Boden zu entfernen ſuchen. Dies wird am einfachſten erreicht, wenn man die erſte Furche ſo flach wie möglich giebt; die Zähne der Eggen werden alsdann den ganzen Pflugſtreifen durchdringen und zerreißen. Iſt dies gethan, und ſind die ausgeeggten Pflanzen und Pflanzentheile entfernt, ſo beginnt man die weitere Vertiefung der Ackerkrume.

Einen während des Sommers umzubrechenden leichten und trockenen Boden hat man dagegen, wenn es ſich um die Zerſtörung einer ſtärkeren Narbe handelt, gleich anfangs tief umzupflügen, damit die Narbe in tiefere und feuchtere Schichten gelange. Bei einer flachen Bearbeitung würden die Pflanzen und Pflanzentheile wegen zu großer Trockniß unzerſetzt bleiben, und durch die Eggen vollſtändig herausgeriſſen werden. Ihre Erhaltung und Zerſetzung im Boden iſt aber gerade für ſolchen Boden von der größten Bedeutung.

Was durch das vorhin beſchriebene Aufwerfen des Bodens in Haufen, das wird in ganz ähnlicher Weiſe durch möglichſt vollſtändige Bedeckung und Beſchattung erreicht. Unter dicht ſtehenden, üppig emporgewachſenen blattreichen Pflanzen, erhält der Ackerboden eine äußerſt poröſe, von allem Unkraut völlig reine Beſchaffenheit. Die blattreichen Pflanzen veranlaſſen beſonders reiche Thauniederſchläge, und die raſche Verdunſtung der zugeführten Feuchtigkeit iſt durch den dichten Schatten und Schutz behindert; die nächtliche Ausſtrahlung von Wärme gemäßigt. In der warmen und feuchten Atmoſphäre ſind alle Bedingungen der Verweſung gegeben, welcher ſowohl die humoſen Subſtanzen des Bodens, als die durch den Abſchluß des Lichtes getödteten Unkrautpflanzen verfallen. Die große Lockerung iſt die Folge der intenſiven Verweſung.

Auf ganz gleiche Weiſe lockert ſich der Boden unter einer Decke von Stroh, Laub und beſonders von Dung. Eine ſolche Bedeckung kann alſo theilweiſe die Arbeiten der Beackerung erſetzen, indem ſie den Boden lockert und die Unkrautpflanzen zerſtört. Dieſe letzteren können in der That auf keine Art vollſtändiger und vortheilhafter vertilgt werden, als durch Bedeckung und Beſchattung. Die Anwendung von Dung in dicken Lagen würde wohl eine außerordentliche Wirkung ausüben, aber mit erheblichem Verluſt an düngenden Stoffen verbunden

sein. Am besten eignen sich dazu vielleicht die Wasserpflanzen, welche später unter dem Namen „Post“ beschrieben werden sollen. Dieselben zerstören in mäßig dicker Schicht auf den Acker gebracht in kurzer Zeit die Narbe ganz vollständig. Ist der beabsichtigte Erfolg erreicht, so kann der Post weiter über neue Flächen gebreitet werden, um hier dieselbe Wirkung auszuüben. Die Ausführung einer solchen Arbeit, welche bei gehöriger Vertheilung und Anordnung der Postschichten keinen sehr großen Kostenaufwand verursacht, mag in manchen Fällen nicht unvortheilhaft sein; dieselbe erspart mindestens eine Pflugfurche, und erreicht in Bezug auf die Zerstörung des Unkrautes und die Zersetzung der Pflanzensubstanzen mehr als alle Beackerung. Der große Kalkgehalt des Postes trägt zu dieser Wirkung in hohem Maße bei. Wo das nämliche durch eine üppig vegetirende Decke von Culturpflanzen (Klee, Raps, Erbsen) zu erreichen ist, wird ihr Anbau allerdings einfacher sein.

Die Nachtheile einer zu häufigen Beackerung, und überhaupt einer zu großen mechanischen Auflockerung des Bodens übergehen wir hier, weil wir später bei Besprechung der Brache darauf zurückkommen müssen. Sie betreffen natürlich den leichten Boden vorzugsweise, und hier wird häufig durch eine zu sorgfältige, d. h. zu häufige Beackerung weit mehr verdorben, als durch eine nachlässige. Der Roggen, welcher für den leichten Boden die Hauptfrucht ausmacht, verlangt besonders keine große Lockerung, und die letzte Furche vor der Einsaat sollte daher so zeitig wie möglich gegeben werden. Da die Beobachtung dieser Regel nicht immer geschieht, und auch in manchen Fällen nicht geschehen kann, so findet man nicht selten, daß unter solchen Verhältnissen der Sommerroggen besser gedeiht als der Winterroggen; der erstere kann im zeitigen Frühjahr in die schon im Herbste gezogene Furche gesäet werden, und gelangt so in einen ziemlich festen Acker, welcher Feuchtigkeit genug enthält, um die junge Pflanze nicht Noth leiden zu lassen; während im Herbste der kurz zuvor gepflügte Boden bei trockener Witterung den Keimling von Anfang an leiden läßt.

Die Frage, ob eine flache oder tiefe Beackerung vortheilhafter sei, ist jetzt fast allgemein zu Gunsten der letzteren entschieden (vergl. S. 258). Der Nutzen derselben ist in der That so in die Augen fallend, daß sie nur in seltenen Fällen, wo die Beschaffenheit des Untergrundes so schlecht ist, daß seine Beimischung die ganze Acker-

krume verderben würde, unterlassen werden sollte. Die tiefe Beackerung wirkt sowohl der schädlichen Nässe, als Austrocknung entgegen, indem sie das atmosphärische Wasser schneller von der Oberfläche in die Tiefe führt, und hier ein Reservoir für die Zeit der Trockniß bildet. Wenn man einen flach beackerten Boden in trockenen Zeiten beobachtet, so wird man die ganze Ackerkrume vollständig ausgetrocknet finden, während die unmittelbar darunter liegenden Schichten noch ziemlich feucht sind; aber die Capillar-Attraction zwischen den ungleich gelockerten Erden ist aufgehoben. Dies würde in gleichem Grade innerhalb der tiefer bearbeiteten Ackerkrume nicht der Fall sein; auch abgesehen davon, daß die Pflanzenwurzeln alsdann selbst weiter in die tieferen feuchten Schichten eindringen.

Zu den mannigfachen Vorzügen der tiefen Beackerung gehört auch der, daß durch dieselbe der Zeitraum, innerhalb welchem die nämlichen Pflanzen (wie z. B. der Klee) ohne Nachtheil wieder angebaut werden dürfen, abgekürzt wird. Wenn man periodisch nach Ablauf einer bestimmten Reihe von Jahren den Boden rajolt, den Untergrund nach oben bringt, und die bisherige Ackerkrume senkt, so wird dadurch gleichsam ein neuer Boden zur Verwendung gebracht, und der in Rede stehende Vortheil noch vollständiger erreicht. Wenn alle fünf Jahre dieselbe Rotation der Fruchtfolge beginnt, und alle fünf Jahre der Boden rajolt wird, so trifft der Anbau einer und derselben Pflanze nur alle zehn Jahre dieselbe Ackerschicht. Und wenn auch der Erfolg nicht ganz derjenige einer zehnjährigen Rotation ist, da die Ausbreitung der Pflanzenwurzeln nicht auf die obere Schicht der Ackerkrume beschränkt ist; so wird er demselben doch ziemlich nahe kommen.

Daß die Vertiefung einer Ackerkrume nicht mit einem Male, sondern nach und nach geschehen muß, ist bekannt. Die Gründe dafür sind dieselben, welche das längere Liegen des Lehms und Moders an der Luft erfordern. Der Untergrund war der Einwirkung des Sauerstoffs entzogen, und zwar um so mehr, je schwerer der Boden ist; die Verwesung der organischen Substanzen ging deshalb ähnlich wie in den Moorgründen vor sich: es bildeten sich schädliche Humusextracte und Wasserstoffverbindungen, welche an der Luft oxydirt werden müssen. Dazu kommt, daß die unteren Schichten in den meisten Fällen weniger Nahrungsmittel enthalten werden, als die oberen cultivirten; ihre Vermischung mit diesen letzteren muß daher nothwendig die Lösung

der Nahrungsmittel in der ganzen Ackerkrume verdünnen, und deshalb die Fruchtbarkeit so lange vermindern, als nicht die Düngung vermehrt wird. Eine sofortige starke Düngung hebt die üblen Folgen einer schnellen Vertiefung der Ackerkrume bis zu einem gewissen Grade auf. Man hat zwar behauptet, die Vertiefung einer 6zölligen Ackerkrume bis 12 Zoll müsse in Bezug auf die Ernährung der Pflanzen denselben Einfluß haben, als wenn die 6zöllige Schicht mit der doppelten Quantität Nahrungsmitteln versehen worden sei; weil die Nahrungsstoffe der unteren Schicht nun ebenfalls zur Disposition der Pflanzen gestellt worden seien. Diese Behauptung ist der irrigen Ansicht entsprungen, daß es für die Ernährung der Pflanzen nur auf die Masse der ihnen zu Gebote stehenden Nahrungsmittel ankomme; während, wie wir früher ausführlich auseinandergesetzt haben, es daneben ebensowohl auf die Concentration ihrer Lösung ankommt. Die Erscheinungen bei der Vertiefung der Ackerkrume liefern eben hierfür ein sehr lehrreiches Beispiel. Es ist richtig, daß den Pflanzen dadurch die große Masse der Nahrungsmittel, welche in der frisch aufgelockerten Schicht enthalten sind, zugänglicher gemacht wird, während sie ihnen früher (in vielen Fällen wenigstens) ganz oder theilweise verschlossen waren; und trotzdem ist es doch eine ganz allgemeine Erfahrung, daß mit der Vertiefung der Ackerkrume die Düngung gleichmäßig vermehrt werden muß.

Die Vertiefung der Ackerkrume wird am besten im Herbste vorgenommen, damit die frisch heraufgebrachten Erdschichten den Einflüssen der Winterwitterung ausgesetzt werden. Eine Beimischung von Dünger führt nicht allein direct Nahrungsstoffe hinzu, sondern befördert auch die nothwendige Zersetzung der organischen Substanzen, und auch selbst diejenige der Mineralstoffe.

Die Furcht vor den nachtheiligen Folgen einer schnellen Vertiefung des Bodens mag in manchen Fällen übertrieben sein; die traurigen Erfahrungen aber, welche in dieser Beziehung schon gemacht worden sind, mahnen dennoch überall zur Vorsicht.

Die Düngung.

Wenn der Apparat vollständig hergerichtet ist, beginnt die Füllung desselben mit den zu verarbeitenden Materialien. Nachdem wir in den vorangehenden Abschnitten die Mischung und Bearbeitung des die Ernährung der Pflanzen vermittelnden Theils des Ackerbodens betrachtet, haben wir daher in dem folgenden Capitel die Beschaffung und Zurichtung der Rohstoffe, aus deren Verbindung die Pflanzensubstanz, als das zu erzielende Produkt des Ackerbaues, unter den bekannten Bedingungen hervorgehen soll, weiter zu besprechen.

Unter Dünger verstehen wir nicht all' und jede Substanz, welche die Fruchtbarkeit des Bodens erhöht, die Erträge desselben auf eine kürzere oder längere Dauer vermehrt; sondern einzig und allein diejenigen Stoffe, welche wir als die Nahrungsmittel der Pflanzen haben kennen lernen, und diejenigen, welche, wenn sie auch nicht fertig gebildete Nahrungsmittel sind, doch unter den in jedem fruchtbaren Ackerboden herrschenden Verhältnissen, in kürzerer Zeit nothwendig in solche übergehen müssen. Diese Definition ist allerdings in ihrem zweiten Theile wegen der Unbestimmtheit des Begriffes „kürzere Zeit" nicht hinlänglich genau; die Rücksicht auf die herkömmlichen Bezeichnungsweisen machte aber eine solche Ungenauigkeit unvermeidlich. Wollte man unter Dünger nur die fertig gebildeten Nahrungsmittel verstehen, so würde gerade diejenige Masse, welcher der Name Dünger ursprünglich zukommt, der Stallmist, nur zu einem Theile Dünger sein, da der größte Theil desselben erst durch die fortschreitende Zersetzung in Nahrungsmittel übergeht. Der Harnstoff, die Harnsäure ꝛc., die wichtigsten stickstoffhaltigen Bestandtheile des Düngers, sind keine pflanzlichen Nahrungsstoffe, sondern gehen erst durch die Verwesung in solche,

in kohlensaures Ammoniak über. Wollte man auf der anderen Seite die Bestimmung „kürzere Zeit" weglassen, und im Allgemeinen alle diejenigen Substanzen zum Dünger rechnen, welche überhaupt in Nahrungsmittel überzugehen vermögen, so würde jedes Mineral, jeder Fels dahin zu zählen sein. Die Feststellung einer Grenze für die Zeit, bis zu welcher die Zersetzung eines Stoffes erfolgt sein muß, um noch als Dünger betrachtet werden zu können, ist eine sehr schwierige Aufgabe. Wir wollen hier einen Zeitraum annehmen, welcher die Dauer von einigen Jahren nicht überschreitet, und diejenigen Substanzen noch mit dem Namen Dünger bezeichnen, deren nährende Wirkung innerhalb mehrer Jahre spätestens zum Vorschein kommt.

Der Dünger ist eine Mischung von verschiedenen Verbindungen; denjenigen, welcher die erforderlichen Nahrungsmittel der Gewächse alle vollständig enthält, oder sie durch Zersetzung liefert, werden wir als vollständigen Dünger bezeichnen; im Gegensatze zu dem unvollständigen, welcher sie nicht alle enthält oder liefert. Die einzelnen Nahrungsmittel aber, oder die in einzelne Nahrungsmittel übergehenden Verbindungen, werden wir auch Dungstoffe nennen.

Die Fruchtbarkeit eines Ackerbodens kann entweder dadurch erhöht werden, daß der die Ernährung vermittelnde Theil verbessert wird; oder dadurch, daß die Summe der Nahrungsmittel vergrößert wird. Die Quantität der wirksamen (gelösten) Nahrungsmittel des Bodens kann aber auf mehrfache Weise vergrößert werden, und zwar: 1) durch directe Zufuhr; 2) durch Hinzufügen von Lösungsmitteln, welche die Auflösung der in Wasser unlöslichen Nahrungsstoffe vermitteln; 3) durch die Beförderung der Zersetzung aller derjenigen Stoffe, welche durch dieselbe in nährende Stoffe überzugehen vermögen. Es leuchtet ein, daß es für den Ackerbau von der größten Wichtigkeit ist, genau die Ursache zu erkennen, welche eine beobachtete Erhöhung der Fruchtbarkeit bewirkt hat. —

Um eine gewisse Quantität von Pflanzensubstanz zu erzeugen, müssen in dem Boden mehr Nahrungsstoffe vorhanden sein, als zur Bildung derselben erforderlich sind, und als auch in der That dazu verwandt werden. Giebt man einer von Nahrungsmitteln vollkommen entblößten Ackererde so viel davon, als etwa zur Erzeugung von 100 Scheffeln Roggen nebst Stroh erforderlich ist, so werden in derselben, auch bei übrigens vollkommen günstigen Verhältnissen, lange

keine 100 Scheffel Roggen entstehen; vielleicht werden, wenn die in Rede stehende Ackerfläche von einer großen Ausdehnung ist, die Pflanzen noch zu gar keiner Ausbildung gelangen. Erst wenn statt der bezeichneten Quantität Nahrungsstoffe das Vielfache derselben angewandt worden, wird der Ertrag des Bodens bis zu der erwarteten Höhe steigen. Jeder Acker muß, wenn er Pflanzen produciren soll, einen bestimmten Vorrath von Nahrungsmitteln besitzen, welcher nicht unter einen gewissen Punkt vermindert werden darf, ohne gänzliche Unfruchtbarkeit zur Folge zu haben; und mit dessen Vermehrung sich zugleich die Fruchtbarkeit steigert, bis sie über eine gewisse Grenze hinaus wieder abzunehmen beginnt.

Wir können daher unterscheiden zwischen dem Düngercapital des Bodens, und der periodischen Düngung, welche das ersetzt, was jährlich mit der Ernte weggeführt wird, oder sonstwie verloren gegangen. Wenn die periodische Ersetzung dem Verluste vollständig entspricht, so bleibt das Capital feststehend, und mit ihm die Fruchtbarkeit des Bodens. Wird das stehende Capital erhöht, und dadurch die Ernte ebenfalls vergrößert, so muß, soll der vermehrte Fruchtbarkeitszustand erhalten werden, natürlich die periodische Düngung ebenfalls der größeren Production entsprechend vermehrt werden.

Wie wir in Betreff des die Ernährung der Pflanzen vermittelnden Theils der Ackererde unterschieden zwischen der feststehenden Beschaffenheit desselben, und derjenigen, welche durch die regelmäßig wiederkehrenden Bearbeitungen hergestellt werden muß; wie wir demgemäß zwischen Meliorations- und Beackerungsarbeiten unterschieden: so können wir in ähnlicher Weise der periodischen Düngung eine Meliorationsdüngung gegenüberstellen; und unter letzterer diejenige verstehen, welche das stehende Düngercapital vermehrt, welche also dem Boden über die zur Deckung des regelmäßigen Verbrauches und Verlustes dienende Düngerquantität hinaus einverleibt wird. Von den Kosten der Meliorationsdüngung sind offenbar nur die Zinsen alljährlich zu decken; und es wird so lange vortheilhaft sein, das stehende Dungcapital zu vermehren, als der durch die erhöhte Fruchtbarkeit erreichte Gewinn die Zinsen der aufgewendeten Kosten deckt. Dabei ist aber der mit einem hohen Düngergehalt in manchen Bodenarten unvermeidlich verbundene Verlust (durch Verdunstung und Auslaugung) wohl zu berücksichtigen.

Wir kennen bis jetzt noch für keinen Boden weder die niedrigste Grenze, unter welche das Dungcapital nicht hinabsinken darf, ohne vollkommene Unfruchtbarkeit zur Folge zu haben; noch das Maximum, bis zu welchem die Fruchtbarkeit zunimmt, und über welche hinaus sie wieder abzunehmen beginnt. Nur so viel ist bekannt, daß ein sehr unfruchtbarer Boden noch eine beträchtliche Quantität von Nahrungsmitteln enthalten kann. Man hat sogar aus den Analysen schließen wollen, daß in einem solchen Boden noch so viel Material vorhanden sein kann, welches den Bedarf der Ernten für hundert Jahre zu decken im Stande wäre. Wie viel freilich davon in der Form fertig gebildeter, löslicher Nahrungsmittel existirte, ist nicht untersucht worden. Auf diese kommt es aber begreiflicher Weise nur allein an. Weshalb aber die Pflanzen zu ihrer Ernährung das Vorhandensein einer größeren Quantität von Nahrungsmitteln im Boden erfordern, als sie aufnehmen und assimiliren, als zur Bildung ihrer Masse verbraucht wird; weshalb also ein stehendes Dungcapital von bestimmter Größe in den fruchtbaren Aeckern vorhanden sein muß: das liegt darin, daß die Pflanzen, wie schon oft erwähnt, einer Nahrungslösung von bestimmter Concentration bedürfen; und um diese herzustellen, ist eine weit größere Quantität von Nahrungsmitteln erforderlich, als durch die Ernten periodisch fortgeführt wird. Wenn man daher hört: „Mangel an diesem oder jenem Nahrungsmittel kann nicht die Ursache sein, weshalb die Pflanzen in dem Boden nicht gedeihen wollen, denn derselbe enthält noch weit mehr davon, als zur Bildung ihrer Masse nöthig ist"; so ist dieser Schluß völlig unrichtig: denn wir wissen wohl ziemlich sicher, wie viel Nahrungsmittel zur Bildung einer bestimmten Quantität von Pflanzenmasse verbraucht worden, nicht aber, wie viel von jenen *im Boden vorhanden sein muß*, um eine solche Quantität zu produciren.

Während also auf der einen Seite das stehende Dungcapital eines fruchtbaren Ackerbodens nicht unter einen bestimmten Punkt sinken darf, so ist andererseits durch Versuche sowohl mit einzelnen mineralischen Salzen, als mit Stalldünger festgestellt, daß ein Boden auch „*überdüngt*" werden kann. Die sogenannten Geilstellen auf dem Felde, welche von dem Urin der ackernden Thiere herrühren, bieten hierfür ein sehr deutliches Beispiel. In der Mitte derselben findet sich eine vollkommen *unbewachsene* Stelle; diese hatte die Hauptmasse des

Urins erhalten, und es ist hier vorzüglich die zu große Quantität des durch Verwesung erzeugten kohlensauren Ammoniaks, welche tödtlich auf die Vegetation wirkte. Der an den inneren unbewachsenen Kreis unmittelbar angrenzende Boden trägt mitunter noch eine etwas zurücktretende Vegetation; dann folgt aber sogleich die mit den üppigsten Pflanzen bewachsene Region, von welcher ab nach Außen hin die Fruchtbarkeit wiederum allmälig abnimmt. Jene fruchtbarste Region muß einen Düngergehalt (eine Concentration der Nahrungsmittellösung) besitzen, welcher dem vorhin erwähnten Maximalquantum entspricht. Von hier aus nimmt die Fruchtbarkeit nach Innen zu ab, weil das Maximalquantum überschritten, nach Außen (des Kreises), weil es unterschritten wird.

Mit Ausnahme der eben erwähnten Geilstellen und unserer Versuchsfelder, wird auf den bebauten Aeckern die Erscheinung der Ueberdüngung noch lange nicht zu befürchten sein.

Die Fruchtbarkeit eines Ackerbodens wird also repräsentirt durch die Beschaffenheit des die Ernährung vermittelnden Theiles, und durch die Höhe des stehenden Nahrungsmittelcapitals; die Beackerungsarbeiten und die periodische Düngung sind bestimmt, die vorhandene Fruchtbarkeit zu erhalten.

Ueber das Quantum der periodischen Düngung sind wir im Allgemeinen schon mehr unterrichtet, als über die erforderliche Höhe des stehenden Düngungscapitals. Es wird dem Boden durch dieselbe das wiedergegeben werden müssen, was ihm mit der geernteten Pflanzenmasse genommen, oder was ihm von nährenden Stoffen während der Cultur sonst irgendwie verloren gegangen, und nicht anderweitig ersetzt worden ist. Um zu erfahren, was demselben durch die Ernte entzogen worden, haben wir natürlich zunächst die Analyse der geernteten Substanzen auszuführen. 1000 Gewichtstheile Roggen (Stroh mit Körnern) enthalten im völlig trockenen Zustande nach Seite 93 an unverbrennlichen Stoffen: 41,52 Theile, und zwar:

7,84 Kali	5,84 Phosphorsäure
1,01 Chlorkalium	0,64 Schwefelsäure
0,35 Chlornatrium	17,77 Kieselsäure
0,09 Eisenoxyd	3,61 Kohlensäure
2,83 Kalkerde	41,52.
1,54 Magnesia	

Diese Stoffe sind, wie wir früher gesehen haben, sämmtlich einzig und allein dem Boden entzogen, und wenn sie ihm nicht durch Dünger wiedergegeben (oder sonstwie ersetzt) werden, so ist die Ackerkrume um die volle Summe derselben ärmer geworden.

Die nach Abzug der 41,52 Aschenbestandtheile des Roggens übrig bleibende Masse (958,48 Theile) besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff; und zwar sind von letzterem durchschnittlich 9 Theile zugegen; bei weitem die Hauptmasse der Roggenpflanzen, sowie überhaupt aller übrigen Gewächse bilden daher der Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff.

Der Kohlenstoff wird den Pflanzen, wie wir wissen, in Form von Kohlensäure zum größten Theile aus der Atmosphäre geliefert. Die von den geernteten Pflanzen im Boden zurückbleibenden Wurzeln und Stoppeln geben demselben gewiß mehr Kohlenstoff wieder, als die Pflanzen ihm direct entzogen hatten. Ob sie ihm aber mehr, oder ebensoviel an Kohlenstoff wiedergeben, als er anderweitig verloren, ist eine andere Frage. Der Humus ist in fortdauernder Zersetzung begriffen und zerfällt dadurch zuletzt in Kohlensäure ꝛc. Die Kohlensäure durchdringt die Ackerkrume und entweicht an der Oberfläche in die Luft. Durch die Beackerungsarbeiten wird sowohl die Zersetzung des Humus, als die Verflüchtigung der Kohlensäure sehr befördert. Die lehmigen und thonigen Bodenarten lassen aber sowohl die Zersetzung des Humus, als die Verflüchtigung der Kohlensäure weit langsamer von statten gehen, als der Sandboden; und erstere werden in den meisten Fällen durch die ihnen verbleibenden Ernterückstände nicht allein so viel Humus und Kohlensäure wieder erhalten, als sie direct an die Pflanzen abgegeben, sondern auch so viel, als sie während der Beackerungs- und Vegetationszeit anderweitig verloren haben. Für solche Bodenarten ist also eine Zufuhr von kohlenstoffhaltigen Substanzen in der Düngung zur Erhaltung des status quo überflüssig. Damit ist aber keineswegs gesagt, daß dieselbe nicht durch Vermehrung des stehenden Humusgehaltes (also als Melioration) von großem Werthe sein kann; was in der That überall da der Fall ist, wo nicht schon Ueberfluß an Humus vorhanden war. In leichterem Sandboden ist die Zersetzung des Humus dagegen so stark, daß der andauernde Verlust durch die Ernterückstände allein nicht gedeckt wird; um hier das Gleichgewicht zu erhalten, ist also eine Zufuhr

von humusliefernden Substanzen in der periodischen Düngung nothwendig.

In Betreff der Bedeutung, welche der Kohlensäuregehalt des Bodens für die Vegetation besitzt, wollen wir noch erwähnen, daß die Pflanzen auch Kohlensäure aus dem Boden durch ihre Wurzeln aufnehmen und assimiliren; ja daß sich dieselben sogar ziemlich gut entwickeln können, wenn ihnen durch die umgebende Luft keine, oder nur wenig Kohlensäure geboten wird, aber den Wurzeln eine genügende Quantität davon zu Gebote steht. Die Pflanzen können dagegen aber auch auf der anderen Seite zur vollkommenen Ausbildung gelangen, wenn ihnen im Boden fast gar keine Kohlensäure dargeboten wird. Daraus folgt aber noch nicht, daß diese Säure in der Ackererde überflüssig sei. Wenn auch nicht als directes Nahrungsmittel, so ist sie doch als Lösungsmittel der in Wasser unlöslichen Nahrungsstoffe, und als Zersetzungsmittel der Mineralien von der allergrößten Bedeutung. Wo bei künstlichen Vegetationsversuchen in ausgeglühtem Boden reichliche Nahrungsmittel im aufgeschlossensten Zustande gegeben wurden, da konnte allerdings die Kohlensäure des Wassers, womit die Pflanzen begossen wurden, für die vollständige Ausbildung derselben hinreichen; in der Natur sind die Verhältnisse aber andere. Wo übrigens Humus genug in einem Boden vorhanden ist, da fehlt es gewiß nicht an Kohlensäure.

Der Wasserstoff und Sauerstoff wird den Pflanzen zum größten Theile durch das Wasser geliefert; auf die Wiedererstattung derselben in der Düngung ist daher gar keine Rücksicht zu nehmen. Uebrigens machen sie neben dem Kohlenstoff die beiden anderen Bestandtheile des Humus aus; und wo dem Boden also humusliefernde Stoffe einverleibt werden, erhält er in denselben auch gewisse Quantitäten von Sauerstoff und Wasserstoff.

Den Stickstoff entnehmen die Pflanzen zum allergrößten Theile dem Boden, und zwar in Form von Ammoniak (und Salpetersäure). Wir wissen, wie viel Stickstoff wir mit der Ernte dem Felde fortführen; aber wir wissen nicht, wie viel Stickstoff wir dem Boden in der Düngung jedes Mal geben müssen, um seinen Gehalt daran fortdauernd unverändert zu erhalten. Im ersten Augenblicke könnte man versucht sein, anzunehmen, daß dies offenbar dann geschehen müsse, wenn dem Boden gerade so viel Stickstoff wieder zugeführt wird, als

in dem geernteten Material gebunden ist; wenn ihm also für je 1000 Pfd. Roggen (Stroh mit Körnern) 9 Pfd. Stickstoff in der Düngung wieder zugeführt worden. Diese Rechnung ist aber vollkommen unsicher; sie kann in einzelnen Fällen zutreffen, in anderen wenig, in noch anderen sehr viel von der Wahrheit abweichen.

In Bezug auf die Aschenbestandtheile der Pflanzen ist eine solche Rechnungsweise ganz unfehlbar. Jedes Pfund Kali oder Kalk, welches in einer Quantität Pflanzen gefunden wird, ist dem Boden entzogen, und zwar nicht mehr und nicht weniger, als gerade die gefundene Menge. Aber wenn in 1000 Pfd. Roggenpflanzen 9 Pfd. Stickstoff enthalten sind, so kann nicht behauptet werden, daß jene Pflanzen nicht mehr stickstoffhaltige Bestandtheile aus dem Boden aufgenommen haben. Wir wissen, daß (ob immer?) sich in dem von den Pflanzen abgedunsteten Wasser Ammoniak findet, welches also unzersetzt die Zellen der Pflanze von den Wurzeln bis zu den Blättern durchwandert hatte. Wenn wir ferner auch nicht behaupten können, daß eine gewisse Quantität von Ammoniak (oder anderer stickstoffhaltiger Verbindungen) in dem Vegetationsproceß dergestalt zersetzt wird, daß Stickstoff im freien gasförmigen Zustande abgeschieden und verflüchtigt wird; so können wir wenigstens auf der anderen Seite auch nicht beweisen, daß eine solche Zersetzung überall nicht stattfindet. Es kann also aus dem Stickstoffgehalt einer Pflanze gar nicht einmal bestimmt auf die Quantität der überhaupt von ihr *aufgenommenen* stickstoffhaltigen Nahrungsmittel geschlossen werden; und auf die dem *Boden* entnommene Quantität um so weniger, als es noch lange nicht hinreichend ausgemacht ist, welchen Antheil Ammoniak die Gewächse aus der Atmosphäre durch die Blätter aufnehmen. Die zuverlässigsten Versuche haben erwiesen, daß die Pflanzen das *trockene* gasförmige Ammoniak der Luft entweder gar nicht, oder doch nur in einer äußerst geringen Menge aufzunehmen im Stande sind. Daß dagegen die Blätter das Ammoniak aus seiner wässerigen Lösung, aus dem Regen- und Thauwasser, aufnehmen können, ist sehr wahrscheinlich. Da aber die Benetzung der Blätter während der Wärme des Tages nicht lange andauert, des Nachts aber die Bedingungen zur Assimilation nur in geringem Grade gegeben sind, so scheint es von vorne herein ausgemacht, daß die Quantität des direct von den Blättern aufgenommenen Ammoniaks eben nicht sehr beträchtlich sein kann. Die schmetter-

lingsblüthigen Gewächse, Klee, Erbsen, Wicken, Lupinen ꝛc. sind es, welche nach der allgemeinen landwirthschaftlichen Erfahrung durch ihren Anbau die Fruchtbarkeit des Bodens am wenigsten schwächen; und es ist daher schon längst behauptet worden, daß dieselben ihren Stickstoffbedarf aus der Luft vorzugsweise zu entnehmen vermöchten. Daß sie weder den freien Stickstoff, noch das gasförmige Ammoniak der Luft im trockenen Zustande durch die Blätter einathmen können, ist erwiesen. Aber die genannten Pflanzen sind durch ihren Blätterreichthum sehr geeignet, die Thauniederschläge zu befördern; an keiner anderen Pflanze kann man die Wirkung der Benetzung durch den Thau des Abends so früh durch die veränderte Stellung der Blätter wahrnehmen, als am Klee. Während an den langen schmalen, in einem Bogen herabhängenden Blättern der Gräser (Weizen, Roggen, Gerste, Hafer ꝛc.) der Thau sich bald zu großen Tropfen zusammenzieht, welche zur Spitze hinabfließen, gewährt die Gestalt, Stellung und Structur der schmetterlingsblüthigen Pflanzen den einzelnen Thautröpfchen, welche die ganze Blattfläche in anfangs sehr feinen, sich allmälig vergrößernden Kügelchen überziehen, einen besseren Halt und mehr Gelegenheit, ins Innere des Blattes einzudringen. Die Vertheilung des Thaues über die Oberfläche der Blätter wird durch die dieselbe bedeckenden feinen Härchen dergestalt geregelt, daß sich um jedes einzelne von ihnen ein kleiner Tropfen Wasser ansammelt. Der Thau wird dadurch einestheils in größerer Menge auf den Blättern festgehalten, und auch andererseits weniger rasch von der Verdunstung angegriffen; da durch die Form der Tropfen die Oberfläche vermindert ist. Man findet das über eine bewachsene Erdfläche ausgespannte Spinngewebe, in dessen Maschen der Thau ebenfalls zu Tropfen zusammenläuft, noch lange naß, während der Boden und die Pflanzen rings herum schon vollständig abgethauet sind. Die Härchen der Pflanzenoberhaut gewinnen dadurch eine nicht zu vernachlässigende Bedeutung für die Ernährung der Pflanzen.

Wir lassen es dahingestellt, ob auf solche Weise eine einigermaßen erhebliche Quantität Ammoniak durch die Blätter in die Pflanzen gelangt; directe Untersuchungen liegen darüber noch nicht vor. So viel ist aber gewiß, daß die blattreichen Gewächse durch die Masse des Thaues dem Boden mehr Wasser zuführen, als die Gräser; daß sie ferner, und dieser Umstand ist besonders zu berücksichtigen, sowohl das

Thau- als das Regenwasser durch den dichten Schatten weit langsamer vom Boden abdunsten lassen, als die anderen Pflanzen; und demselben somit Gelegenheit geben, weiter in die Tiefe einzudringen. Da in dem Regen- und besonders in dem Thauwasser erwiesenermaßen stets eine gewisse Quantität Ammoniak enthalten ist, so folgt daraus, daß die blattreichen, stark schattenden Pflanzen durch Vermittelung der atmosphärischen Niederschläge mehr Ammoniak in den Boden bringen als die übrigen, denen die betreffenden Eigenschaften nicht in gleichem Grade zukommen. Die Abdunstung des auf solche Weise dem Boden zugeführten und anderweitig in demselben vorhandenen Ammoniaks ist durch die dichte Decke, welche jene Pflanzen herstellen, in ähnlichem Maße mehr gehindert.

Wie viel Ammoniak aus der Atmosphäre dem Boden zugeführt wird, hängt von der Beschaffenheit der Pflanzen selbst ab; wie viel von diesem Ammoniak aber den Pflanzen zu Gute kommt, hängt noch von der Beschaffenheit des Bodens ab. Der Sandboden wird durch den Thau und auch durch den Regen (wenn er nicht außergewöhnlich lange anhält) nur sehr oberflächlich benetzt; und da die darunter liegenden Schichten völlig trocken bleiben, so kommt den Wurzeln der Pflanzen weder von dem Wasser, noch von dem darin gelösten Ammoniak etwas zu Gute: die ersten Sonnenstrahlen führen, da die Beschattung durch die weniger dicht stehenden Pflanzen ungenügend ist, der Atmosphäre beides wieder zu. Anders ist es mit dem Lehm- und Humusboden. Nicht allein, daß in ihnen die Feuchtigkeit schneller in die Tiefe eindringt; nicht allein, daß die Verdunstung derselben durch die Beschaffenheit der Erden und den dichteren Stand der Pflanzen weit mehr behindert ist: auch das Ammoniak selbst wird gebunden, und dadurch nach der Abdunstung des Wassers zurückbehalten. Das Ammoniak geht theils eine wirkliche chemische Verbindung mit den Humuskörpern, den kieselsauren und phosphorsauren Salzen ein; theils aber wird es nur durch eine starke Adhäsion an der Oberfläche der Erdtheilchen festgehalten.

Aus den eben besprochenen Verhältnissen ist es klar, daß die Quantität Ammoniak, welche den Pflanzen und dem Boden aus der Atmosphäre zugeführt wird, abhängig ist: 1) von den allgemeinen klimatischen und Witterungs- (Feuchtigkeits-) Verhältnissen; 2) von der Art der Pflanzen, und von ihrem mehr oder weniger üppigen

und dichten Stand; 3) von der Beſchaffenheit und Zuſammenſetzung des Ackerbodens.

Ebenſo verſchieden aber, und von denſelben Verhältniſſen abhängend, iſt die Quantität Ammoniak, welche umgekehrt aus dem Boden an die Atmoſphäre abgegeben wird. Dieſe wird außerdem noch durch den Düngungszuſtand und durch die Art der Beackerung bedingt. Der leichte Sandboden iſt es offenbar auch hier wieder, in welchem ſich alle der Verflüchtigung des Ammoniaks günſtigen Verhältniſſe vereinigen.

Verdunſtete von jeder Stelle der ganzen Erdoberfläche immerwährend ganz gleichviel Ammoniak, und wären ebenſo die wäſſerigen Niederſchläge vollkommen gleichmäßig über dieſelbe vertheilt; ſo würde auch jeder Acker den verdunſteten Antheil wieder empfangen, und in Betreff ſeines Stickſtoffgehaltes unverändert bleiben, wenn er den an die jedesmal geerntete Pflanzenmaſſe abgegebenen Theil durch die Düngung vollſtändig wiedererhält. Da wir nun aber weder wiſſen können, wie viel Ammoniak von jedem Acker an die Atmoſphäre abgegeben wird, noch wie viel davon wieder aus derſelben zu ihm zurückkehrt; da wir nicht einmal mit aller Beſtimmtheit die Menge der von den Pflanzen aufgenommenen ſtickſtoffhaltigen Nahrungsmittel kennen: ſo iſt leicht einzuſehen, daß wir die dem Boden durch die periodiſche Düngung wiederzugebende Menge der ſtickſtoffhaltigen Subſtanzen nicht angeben können. Der gute fruchtbare Ackerboden wird bei einer rationellen Fruchtfolge, beſonders wenn er nicht zu häufig mit den Halmfrüchten beſtellt wird, (welche in jeder Beziehung am meiſten den Stickſtoff des Bodens angreifen) in ſeinem status quo erhalten, oder vielleicht noch bereichert werden, wenn er ſo viel Stickſtoff wiedererhält, als ihm in der Ernte genommen wurde. Der leichte Sandboden dagegen wird eine größere Quantität erfordern; und zwar um ſo mehr je höher die Düngungsſtufe iſt, auf welcher er erhalten werden ſoll. Aus ihm geht fortwährend durch Vermittelung der Atmoſphäre ein Theil Ammoniak in den beſſeren Boden über (vergl. S. 64).

Faſſen wir nun das bisher in Betreff der Quantität der periodiſchen Düngung Geſagte kurz zuſammen, ſo ergiebt ſich, daß wir einem Boden, um ihn während des Ackerbaubetriebes auf derſelben Düngungsſtufe zu erhalten (und das iſt der Zweck der periodiſchen Düngung) regelmäßig wieder zuführen müſſen: 1. an Aſchenbeſtandtheilen gerade ſo viel als die geernteten Pflanzen oder Pflanzentheile

davon enthielten; 2. an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff (an humusbildenden Substanzen) in gutem, schwererem Boden gar nichts; in leichtem Boden aber eine gewisse, nicht bestimmbare Quantität, welche mit der Lockerheit des Bodens zunimmt; 3. an Stickstoff eine Quantität, welche nach den bis jetzt vorliegenden Untersuchungen fast noch weniger genau angegeben werden kann, und welche abhängig ist von der Beschaffenheit des Bodens, des Klimas, der Pflanzen, der Beackerung.

Wenn ein Boden die ihm durch die Cultur entnommenen Elementar-Bestandtheile durch die Düngung, sowohl der Qualität als Quantität nach, vollkommen wiedererhält; so bleibt er in seiner elementaren Zusammensetzung natürlich ganz unverändert. Daraus folgt aber keineswegs, daß die Fruchtbarkeit eines solchen Bodens, wie sie sich in der Production der Pflanzen offenbart, dabei auf einer gleichbleibenden Stufe erhalten werden muß. Die Fruchtbarkeit eines Bodens hängt unmittelbar ab von der Zusammensetzung der Bodenflüssigkeit, von der Nahrungsmittellösung. Aus dieser sind die Stoffe, welche die geernteten Pflanzen bildeten, ausschließlich genommen, und dieselben müssen ihr daher in löslicher Form wiedererſetzt werden, wenn ihre Zusammensetzung und damit die Fruchtbarkeit des Bodens, sich gleich bleiben soll. Neben den gelösten Nahrungsmitteln finden sich, wie wir wissen, im Boden 1. fertig gebildete, aber unlösliche Nahrungsmittel, wie die kohlensauren und phosphorsauren Salze des Kalkes und der Magnesia; 2. lösliche und unlösliche mineralische Verbindungen, welche erst durch ihre Zersetzung in solche Formen übergehen, welche die Nahrungsmittel darstellen; wie z. B. diejenigen Mineralien, welche aus kieselsauren Doppelsalzen, kieselsaurer Thonerde mit kieselsaurem Kali oder Kalk bestehen, und welche durch ihre Zersetzung lösliches kieselsaures Kali, kohlensaures Kali ꝛc., also Salze, die von den Pflanzen assimilirt werden können, liefern; 3. stickstofffreie und stickstoffhaltige organische Verbindungen, welche theils unlöslich, theils löslich sind, die aber auch erst durch Zersetzung in Pflanzennahrungsmittel übergeführt werden. Die Zersetzung, sowohl der vegetabilischen (und animalischen), als der mineralischen Substanzen schreitet im Boden ununterbrochen fort; dadurch, sowie durch die allmälige Auflösung der unlöslichen (aber schon fertig gebildeten) Nahrungsmittel, erhält die unmittelbar nährende Lösung fortdauernd neuen Zuschuß. Würde

neben diesem Zuschuß die periodische Düngung nur fertig gebildete und lösliche Nahrungsmittel zuführen, so müßte offenbar die Nahrungsmittellösung des Bodens concentrirter werden, und die Fruchtbarkeit desselben (falls es die übrigen Verhältnisse erlauben) augenblicklich erhöht werden. Würden umgekehrt durch die Düngung nur sehr schwer zersetzbare und unlösliche Substanzen zugeführt, so müßte die Concentration der Nahrungsmittellösung abnehmen und mit ihr die Pflanzenproduction; wenn nicht etwa der Ausfall durch die Zersetzung der vorhandenen Bodenbestandtheile selbst gedeckt werden kann.

Indem wir also unter Dünger nicht allein die fertig gebildeten Nahrungsmittel der Pflanzen begreifen, sondern auch solche Stoffe, welche erst durch Zersetzung Nahrungsmittel liefern; so versteht es sich von selbst, daß mehre Düngerarten, welche in elementarer Beziehung ganz gleich zusammengesetzt sind, und welche auch nach erfolgter vollständiger Zersetzung in ganz gleiche Verbindungen übergeführt werden, dennoch in ihrer befruchtenden Wirkung sich ganz außerordentlich verschieden äußern können. Denn ihre Wirkung hängt jeder Zeit allein von den in ihnen enthaltenen Nahrungsmitteln ab. Je mehr Nahrungsmittel ein Dünger enthält, oder je rascher er durch seine Zersetzung Nahrungsmittel liefert, desto intensiver ist seine Wirkung.

Es giebt, wenn auch schon selten, solche Aecker, welche andauernd in ihrem Fruchtbarkeitszustand verharren, obgleich ihnen für die in der Ernte fortgeführten Stoffe durchaus gar kein Ersatz von Außen künstlich zugeführt wird. Hier ist entweder die Zersetzung der reichlich von der Natur aufgespeicherten vegetabilischen und mineralischen Substanzen genügend, um beständig der Ackerflüssigkeit so viel lösliche Nahrungsmittel zuzuführen, als die Gewächse ihr entziehen; oder die Nahrungsmittellösung wird selbst durch von unten aufsteigendes Quell- oder Flußwasser dem Verbrauch entsprechend erneuert. Fälle der ersten Art kommen in Südrußland, Ungarn, der Türkei und den angrenzenden Ländern vor. Von der daselbst verbreiteten Schwarzerde ist die Analyse früher mitgetheilt worden. Diese Erde ist reich an Nahrungsmitteln; das warme und feuchte Klima begünstigt ihre weitere Zersetzung, und wahrscheinlich führen auch häufige atmosphärische Niederschläge nicht unerhebliche Quantitäten von Ammoniak dem Boden zu. Bis jetzt ist die Fruchtbarkeit der Schwarzerde noch nicht vermindert worden; aber sie wird mit der Zeit unfehlbar abnehmen müssen, und

der Düngung so gut, wie alle übrigen Bodenarten bedürftig werden; wie groß die vorhandenen Vorräthe auch sein mögen, sie müssen endlich einmal erschöpft werden. Amerika bietet zahlreiche Beispiele von Ländern, welche Jahrhunderte lang in üppigster Fruchtbarkeit prangten und jetzt verlassene Einöden darstellen.

Das Wasser der Flüsse, und in größerem Maßstabe dasjenige der Quellen ist beständig mit Pflanzennahrungsmitteln beladen. Wo solche Wasser ungestörten Zutritt haben, und die Bedingungen der Fruchtbarkeit nicht wegen zu großer Nässe oder sonstiger ungünstiger Verhältnisse fehlen; da wird die Ertragsfähigkeit des betreffenden Bodens auch ohne alle Düngung so lange sich gleich bleiben, als der Zufluß des Wassers dauert, und die übrigen Verhältnisse nicht in schädlicher Weise geändert werden. Da es sich hier aber fast immer nur um sehr verdünnte Nahrungsmittellösungen handelt, denen es in den meisten Fällen sogar noch verhältnißmäßig an Stickstoff und auch an Phosphorsäure mangelt; so sind solche Ländereien nicht sowohl dem Anbau von Getreide, als der Production von Futterkräutern günstig. Wiesen, welche ohne Dünger zu erhalten, durch eine natürliche Bewässerung (sei es durch von unten aufsteigenden Capillarstrom, oder durch eine natürliche Ueberrieselung oder Ueberstauung; vergl. S. 190) mit Nahrungsmitteln versorgt werden, und an Ertragsfähigkeit nicht abnehmen, finden sich sowohl in der Umgebung von Bächen, Flüssen und Seen, als auch besonders in Gebirgsgegenden. In den letzteren ist es das Quellwasser, welches, nachdem es oftmals sehr mächtige Erd- und Gesteinsschichten durchsickert und die darin vorhandenen löslichen Stoffe aufgenommen, da, wo es zu Tage tritt, die üppigsten Wiesen und Weiden ernährt. Da den Pflanzen hier nicht blos die Nahrungsstoffe einer fußdicken Ackerkrume, sondern alle diejenigen einer vielleicht meilenlangen Schicht zu Gebote stehen; so ist es klar, daß die natürliche Zufuhr von Nahrungsmitteln für eine ganz unberechenbare Zeit dauern muß.

Es ist schon früher darauf aufmerksam gemacht worden, daß dergleichen Verhältnisse auch für den Getreidebau wichtig werden können; daß sie hier allerdings nicht den Dünger *vollständig* ersetzen, aber doch wenigstens einen nicht zu vernachlässigenden Zuschuß beibringen können.

Solche Fälle sind aber immer nur als glückliche Ausnahmen von der Regel zu betrachten. Wie schnell die Aecker im Allgemeinen die

ausgebliebene Düngung empfinden, ist so bekannt, daß es kaum noch der Erwähnung bedarf. Diese Thatsache ist sogar Manchem unerklärlich erschienen, wenn er bedachte, einen wie großen Nahrungsgehalt die Ackerkrume in sich birgt, und wie unbedeutend dagegen der Verbrauch durch die jedesmalige Ernte ins Gewicht fällt. Ein ziemlich unfruchtbarer Boden kann noch einige tausend Pfund nährender Stoffe enthalten, während der Bedarf einer Ernte kaum mehr als 50 Pfund beträgt. Warum ist, hat man gefragt, der Boden bei einem Gehalt von 2000 Pfund unfruchtbar; aber bei 2100 oder 2200 Pfund schon wieder ertragsfähig. Die Antwort darauf ist in dem vorangehenden schon häufig gegeben: 1. ist der kleinste Theil von den 2000 Pfund in vollkommen gelöster Form vorhanden; und 2. muß die Nahrungsmittellösung von einer bestimmten Concentration sein, um Pflanzen erzeugen zu können. Es sind also stets nur diejenigen Nahrungsmittel für die Pflanzen disponibel, welche in der Ackerflüssigkeit *über das Minimum der erforderlichen Concentration hinaus zugegen sind*. Daß diese Quantität in den meisten Aeckern nicht bedeutend ist, beweist eben die schnelle Abnahme ihrer Fruchtbarkeit, hervorgebracht durch die Entziehung des verhältnißmäßig nicht beträchtlichen Bedarfs der geernteten Pflanzen.

Wenn man, wie es mitunter geschehen, die Quantität der in der Düngung enthaltenen Nahrungstoffe mit dem Gewichte der ganzen Ackerkrume vergleicht, so erscheint die erstere fast verschwindend klein und ihre Wirkung noch auffallender. 1000 Pfund eines löslichen Nahrungsmittels auf den Morgen Ackerland gestreut, führen jedem Kubikfuß der Ackerkrume nur etwa 1 Loth zu. Das Gewicht von 1 Kubikfuß Erde in runder Summe = 100 Pfund angenommen, kommt also auf 1 Pfund Erde $\frac{1}{100}$ Loth vom zugeführten Nahrungsstoff; mithin etwa nur ein $\frac{1}{3000}$ Proc. Das ist allerdings ein auf den ersten Augenblick frappantes Verhältniß, und 1000 Pfund eines löslichen Dungstoffes auf den Morgen ist bekanntlich eine Gabe, welche ihm nie zugeführt wird; 50 Pfund würden schon eine auffallend große Wirkung unter günstigen Umständen hervorbringen. Eine solche Vergleichung zwischen dem Gewichte der zugeführten Nahrungsstoffe und der ganzen Bodenmasse hat jedoch gar keinen Sinn; wir haben nur die Beziehung der Nahrungsmittel zu der *Bodenflüssigkeit* ins Auge zu fassen. Angenommen 1 Kubikfuß der Erde sei mit 5 Pfund Wasser getränkt, so

würden die 5 Pfund Ackerlösung einen Zuschuß von 1 Loth des fraglichen Nahrungsmittels erhalten, und das ist schon unter allen Umständen eine sehr deutliche Vermehrung der Concentration. Eine Gabe von 50 Pfund für den Morgen würde 5 Pfund der Ackerflüssigkeit allerdings nur etwa 12 Gran zuführen. Aber auch das ist noch ein für die chemischen Reagentien empfindliches Verhältniß. Enthielte die Lösung nun auch vielleicht ursprünglich schon das Dreifache der Zufuhr, also 36 Gran, und wäre die Concentration von 24 Gran auf 5 Pfund Wasser die Grenze, unter welcher die Pflanzen nicht mehr ernährt werden können; so wäre also durch die Zufuhr von 12 Gran der für die Pflanzen überhaupt disponibele Gehalt des betreffenden Nahrungsmittels der Ackerkrume gerade verdoppelt worden. Die letztern Zahlenverhältnisse sind übrigens durchaus willkürlich gegriffen und nur des veranschaulichenden Beispiels halber hergesetzt worden.

Wo es sich dagegen um eine große Zufuhr von meistentheils unlöslichen Dungstoffen handelt, da wird natürlich die Berechnung, auf den Wassergehalt des Bodens bezogen, ein entgegengesetztes Resultat haben. Es kann einem Acker viel von solchen Substanzen gegeben werden, ohne daß dadurch die Nahrungsmittellösung merklich verändert und somit die Fruchtbarkeit in einer wahrnehmbaren Weise erhöht wird.

Endlich haben wir hier noch auf ein Verhältniß aufmerksam zu machen, welches zu häufigen Mißverständnissen Anlaß gegeben. Es fragt sich nämlich, in welchem Maße der Ertrag eines Bodens durch die vermehrte Düngerzufuhr gesteigert wird. Gesetzt ein Morgen Ackerland liefere bei seinem Düngezustand 6 Scheffel Roggen nebst dazu gehörigem Stroh (nach dem Durchschnittsgewicht 500 Pfund Körner und 1000 Pfund Stroh); er erhalte sich durch die periodische Düngung, welche ihm gerade so viel lösliche Nahrungsmittel zuführt, als in der Ernte fortgenommen werden, andauernd in demselben Zustande der Ertragsfähigkeit; und das Gewicht des jährlich verbrauchten Düngers werde durch 100 ausgedrückt: so erwartet man vielleicht, wenn einem solchen Boden, statt der bisherigen Düngung, ein auf 150 erhöhtes Quantum gegeben wird, auch eine entsprechende Steigerung des Ertrages auf 9 Scheffel Roggen (unter der Voraussetzung, daß von dem Dünger nichts verloren geht und die übrige Beschaffenheit des Ackers eine so große Production erlaubt); wird sich aber wahrscheinlich getäuscht finden, indem der wirkliche Ertrag geringer ausfallen, vielleicht nur bis

auf etwa 7 Scheffel steigen wird. Weshalb das so sein muß, ergiebt sich wiederum leicht, wenn man bedenkt, daß der Ertrag von dem stehenden löslichen Nahrungscapital des Bodens, oder, was dasselbe ist, von der Concentration der Nahrungsmittellösung abhängt. Angenommen, daß für eine Production von 6 Scheffeln erforderliche stehende Nahrungscapital werde durch 1000 ausgedrückt; so ist für eine Production von 9 Scheffeln vielleicht ein Kapital von 1200 oder darüber erforderlich. Der Ertrag von 9 Scheffeln konnte also nicht durch eine Zufuhr von 150 Dünger erreicht werden; sondern erst durch 200 + 150 = 350. Um die Ernte eines Bodens um ein bestimmtes zu erhöhen, müssen ihm nicht nur so viele Nahrungsmittel mehr gegeben werden, als zur Bildung des erwarteten höheren Ertrages verbraucht werden; sondern es muß auch daneben das stehende Nahrungsmittelcapital entsprechend erhöht werden. Genauere Angaben über die Zahlen, um welche es sich hier handelt, lassen sich augenblicklich leider gar nicht machen.

Wenn wir die Resultate der bis jetzt ausgeführten Bodenanalysen betrachten, so finden wir, daß von allen Nahrungsmitteln der Pflanzen (und Dungstoffen) fast durchgängig das Ammoniak und überhaupt alle stickstoffhaltenden Verbindungen, welche durch ihre Zersetzung Ammoniak (Salpetersäure) liefern, und die Phosphorsäure in der geringsten Menge zugegen sind. Dagegen beweisen die Analysen der Pflanzen, daß gerade diese Stoffe, der Stickstoff sowohl, als die Phosphorsäure in nicht unbedeutenden Quantitäten darin vorkommen, und daß dieselben vorzüglich in denjenigen Pflanzentheilen angehäuft sind, welche den Menschen zur Nahrung dienen. Die früher (S. 85 bis 94) verzeichneten Aschenanalysen lehren, wie die unorganischen Bestandtheile der Getreidekörner, Kartoffeln und Rüben fast zur Hälfte aus Phosphorsäure bestehen. In Betreff des Stickstoffgehaltes der einzelnen Pflanzen und Pflanzentheile verweisen wir auf den Abschnitt über die Nahrungsmittel der Thiere. (Wenn wir in der Folge vom Stickstoffgehalt des Bodens sprechen, so ist damit immer nur der Stickstoff des Ammoniaks (Salpetersäure) und der durch Zersetzung Ammoniak liefernden Verbindungen verstanden.

Nächst der Phosphorsäure zeichnet sich unter den Aschenbestandtheilen das Kali durch die Quantität, in welcher es in den Gräsern und Futterkräutern, den Getreidekörnern, den Kartoffeln und den Rüben

vorkommt, besonders aus. In den Ackererden findet sich das Kali meist in größerer Menge als die Phosphorsäure und der Stickstoff, und vorzüglich besitzen die Lehm- und Thonäcker einen nicht unbedeutenden Vorrath von demselben.

Von den beiden alkalischen Erden tritt die Kalkerde in den Futterkräutern und dem Stroh des Getreides, die Magnesia dagegen in den erwähnten Nahrungsmitteln des Menschen in größerer Quantität auf. Der Ackerboden ist mitunter sehr reich an Kalkerde, in einzelnen Fällen sinkt der Gehalt daran aber auch sehr tief. Die Magnesia steigt und fällt meist mit dem Kalk, ist aber fast durchgehends in weit geringerer Menge als dieser zugegen.

Die Kieselsäure macht den Hauptbestandtheil des Getreidestrohes aus; in den Ackererden kommt sie zwar in großer Menge vor, aber in unlöslicher Form. Der Quarzsand kann unter den im Boden herrschenden Verhältnissen nie gelöst werden. Dagegen findet sich jedoch auch in den guten Erden reichlich lösliche Kieselsäure; in dem Quarzsande aber tritt dieselbe gerade ziemlich zurück.

Das Eisen, das Natron, die Schwefelsäure und das Chlor kommen in den Pflanzen meist nur in sehr geringen Mengen vor; im Boden finden sie sich in wechselnden Mischungsverhältnissen.

Daß ein Ackerboden an denjenigen Bestandtheilen, welche in der geringsten Menge in ihm angehäuft sind, von den angebauten Pflanzen aber in hohem Maße zu ihrer Ausbildung verwandt werden, am ersten und häufigsten Mangel leiden muß, ist leicht einzusehen. Der Stickstoff und die Phosphorsäure gehören in erster Linie zu diesen Bestandtheilen; ihnen folgen das Kali, die Magnesia; die Kalkerde, die Kieselsäure und endlich die noch fehlenden Aschenbestandtheile sind fast durchgehends in verhältnißmäßig großer Menge im Boden vorhanden. Einige von den letztgenannten mögen in einem für Jahrhunderte und Jahrtausende ausreichenden Vorrathe von der Natur im Boden aufgespeichert sein, aber fast unerschöpflich ist derselbe nur in sehr seltenen Fällen, zumal es sich allein um den löslichen Antheil handelt. Aller Vorrath von nährenden Stoffen aber nützt zu nichts, wenn auch nur ein einziger von ihnen fehlt, oder in unzureichender Quantität zugegen ist. Ein Beispiel aus der unorganischen Chemie wird dies Verhältniß mehr verdeutlichen. In 100 Th. krystallisirten Kalialauns finden sich 9,86 Kali, 11,09 Thonerde, 32,85 Schwefelsäure und 46,20 Wasser. Wer-

den dieſe Stoffe in der angeführten Menge mit einander gemiſcht, ſo entſtehen 100 Th. Alaun und es bleibt von keinem etwas in freiem Zuſtande übrig. Wäre aber vielleicht vom Kali nur die Hälfte, alſo 4,93 Th. vorhanden, von den übrigen Subſtanzen dagegen die volle Quantität, ſo entſtehen nicht etwa 100 — 4,93 Th. Alaun, ſondern nur 50, und es bleiben 5,55 Thonerde, 16,42 Schwefelſäure und 23,10 Waſſer übrig. Bringt man mit dieſen letzteren dann 4,93 Th. Kali, oder beliebig mehr, zuſammen, ſo bilden ſich wiederum 50 Th. Alaun, und das etwa überſchüſſig (mehr als 4,93 Th.) zugeführte Kali bleibt unverbunden zurück. Ganz die nämlichen Geſetze gelten für jede chemiſche Verbindung mehrer Körper und in demſelben Maße auch für die Pflanzenproduction. Wenn in einem Boden für die Bildung von 1000 Th. Pflanzenſubſtanz alle erforderlichen Nahrungsſtoffe zugegen ſind, mit alleiniger Ausnahme eines einzigen, welcher nur für 100 Th. ausreicht, ſo können in demſelben unter keinen Umſtänden mehr als 100 Th. producirt werden, und es iſt ganz gleichgültig, ob der mangelnde Stoff Phosphorſäure, Eiſen, Natron oder Stickſtoff iſt, ob er in großer oder geringer Menge in den Pflanzen verbraucht wird. In 1000 Th. Roggenpflanzen ſind nur 0,09 Th. Eiſen gebunden, aber dennoch würde der Roggen in keinem Boden zur Ausbildung gelangen, in welchem die kleine Menge Eiſen fehlte.

Die einzelnen Nahrungsſtoffe haben innerhalb des Verhältniſſes, in welchem ſie von den Pflanzen aſſimilirt werden, einen völlig gleichen Werth für die Ernährung derſelben.

Aus dem ſo eben Angeführten geht hervor, daß wenn ein Boden einige von den Pflanzennahrungsmitteln in einer Quantität enthält, welche zu einer großen Production ausreichen, an anderen dagegen Mangel leidet, die Zufuhr dieſer letzteren allein vollkommen genügt, um eine reichliche Ernte zu erzielen. Die Düngung mit Ammoniak (oder Salpeterſäure) oder mit Ammoniak und Phosphorſäure hat ſehr häufig ganz denſelben Erfolg, als eine vollſtändige Düngung. Daraus darf aber natürlich nicht etwa gefolgert werden, daß die ſtickſtoffhaltigen Nahrungsmittel und die Phosphorſäure allein hinreichten, um aus ſich Pflanzen zu bilden, ſondern nur ſo viel, daß in dem betreffenden Boden alle übrigen Nahrungsmittel in hinlänglicher Quantität vorhanden waren. Der Guano beſteht faſt nur aus phosphorſaurem

Kalk und Ammoniak (Ammoniak bildenden Subſtanzen); durch die alleinige Düngung mit demſelben hat man ohne alle weitere Zufuhr an einzelnen Orten ſchon eine Reihe von Jahren gute Ernten erzielt. Daraus geht hervor, daß der Boden von Natur ſehr reich an allen übrigen Nahrungsſtoffen war. Wenn er, was jedenfalls über lang oder kurz eintreten muß, daran erſchöpft worden, ſo wird auch die größte Zufuhr von Guano nichts mehr nützen, und es wird dann, wenn der Ammoniak- und Phosphorſäuregehalt ſchon vorherrſcht, umgekehrt die Düngung mit den übrigen Nahrungsmitteln dieſelbe Wirkung haben, als vorher der Guano. Es iſt wahrſcheinlich, daß in einem nur mit Ammoniak und Phosphorſäure gedüngtem Boden zunächſt das Kali verbraucht ſein wird, nächſt ihm die Magneſia ꝛc. (in der früher bemerkten Reihenfolge), daß man alſo einem durch Guano erſchöpften Boden durch Guano und Kali noch eine Reihe von Ernten wird abgewinnen können, und den auch hierdurch ausgebeuteten Boden durch Hinzufügung von Magneſia und Kalk (d. h. neben Guano und Kali) noch weiter ertragsfähig machen wird. Die Kieſelſäure aber wird ſehr wahrſcheinlich auch bald, mitunter vielleicht ſchon vor den alkaliſchen Erden, zu mangeln beginnen.

Was einem Ackerboden durch die Ernte an unorganiſchen Stoffen entzogen wird, iſt aus den früher gegebenen Tabellen leicht erſichtlich. Man hat die Durchſchnittswerthe für die gewöhnlichen Ackerbaupflanzen berechnet und gefunden, daß in 1000 Th. der trockenen Pflanzen folgende Quantitäten der vorherrſchenden Aſchenbeſtandtheile nebſt Stickſtoff abgelagert ſind.

1000 Th. enthalten von	Stickſtoff.	Phosphorſäure.	Kali.	Kalk und Magneſia.	Kieſelerde.
Weizen (Körner und Stroh) .	10	4½	5½	3½	20
Roggen, desgl.	9	4¼	6½	3¼	18
Gerſte, desgl.	11	4¾	7	5¼	20
Hafer, desgl.	10	4½	7	4½	21
Winterraps, desgl.	12	8	13	13	2
Erbſen, desgl.	21	5½	11	16	2
Kartoffeln (mit Kraut)	16	6½	22	11	3
Runkelrüben, desgl.	18	4	21	7	2
Klee (blühend)	20	5½	20	20	2
Wieſengräſer	14	6	17	8	20
Tabak	20	5¼	24	50	8

Der Gehalt an Natron, Eisen, Chlor und Schwefelsäure ist als sehr geringfügig unbeachtet geblieben.

Da auf einer gegebenen Fläche Landes von den verschiedenen Pflanzen nicht ein gleiches Gewicht (im trockenen Zustande) producirt wird, so geben obige Zahlen nicht unmittelbar das Verhältniß der dem Boden in der Ernte durch dieselben entzogenen Stoffe an. Je höher der Ertrag, desto mehr wird dem Boden genommen, desto mehr muß ihm von denjenigen Stoffen, welche er nicht anderweitig ersetzt bekommt, in der Düngung wiedergegeben werden.

Der ausübende Landmann theilt die cultivirten Gewächse schon längst ein in: stark erschöpfende (angreifende), schonende und bereichernde; er rechnet zu den ersteren die Handelspflanzen, Raps und Taback, und nächst ihnen die Halmfrüchte vom Weizen abwärts; zu den schonenden die Leguminosen; und zu den bereichernden vorzugsweise den Klee. Wir sehen auf den ersten Blick, daß diese Eintheilung nicht übereinstimmt mit den in obiger Tabelle gegebenen Zahlen; ein gleiches Gewicht Erbsen, ja selbst Klee haben mehr Nahrungsstoffe, namentlich mehr Stickstoff, aufgenommen, als der Weizen. Die sogenannte erschöpfende Kraft kann aber vernünftiger Weise nur so einen Sinn haben, daß sie auf die dem Boden entnommenen Nahrungsmittel bezogen wird; diejenige Pflanze erschöpft am meisten, welche dem Boden das größte Quantum von Nahrungsmitteln entweder direct entzieht, oder sonst wie aus ihm verloren gehen läßt. Daß die erschöpfende Wirkung, welche die verschiedenen Pflanzen nach der allgemeinen Erfahrung auf den Boden ausüben, nicht übereinstimmt mit den Zahlen, welche die Quantität der mit den geernteten Pflanzen fortgeführten Substanzen angeben, das liegt zunächst darin, daß jene Zahlen uns in Betreff der Aschenbestandtheile ganz genau den Verlust, welchen der Boden durch den Anbau der verschiedenen Pflanzen erlitten, angeben; daß dieselben aber in Betreff des Stickstoffes durchaus gar keinen Anhaltspunkt gewähren. Wenn auch die Erbsen und der Klee mehr Stickstoff enthalten, als ein gleiches Gewicht von Weizen und Roggen, so lassen die ersteren den Boden daran doch lange nicht so stark verarmen, als die letzteren. Und das hat theilweise darin seinen Grund, daß die ersteren durch Vermittelung der wässerigen Niederschläge selbst aus der Atmosphäre Ammoniak aufnehmen, einen größeren Theil aber noch dem Boden zuführen, daß dieselben durch die

ſtarke Bedeckung und Beſchattung die Verdunſtung des Waſſers ſowohl als die Verflüchtung des Ammoniaks aus dem Boden hindern. Die Halmfrüchte verhalten ſich in allen jenen Beziehungen anders; ob ſie auch mehr Ammoniak unzerſetzt abdunſten, oder aus den ſtickſtoffhaltenden Verbindungen den Stickſtoff im freien luftförmigen Zuſtande in größerem Maße, als die Leguminoſen, abſcheiden, laſſen wir dahingeſtellt.

Die Halmfrüchte laſſen alſo durch den Boden vorzugsweiſe an ſtickſtoffhaltenden Nahrungsmitteln verarmen. So lange aber der Stickſtoff im Verhältniß zu allen übrigen Nahrungsmitteln ſo ſehr zurücktritt, wird die erſchöpfende Kraft natürlich allein auf den Verbrauch an Stickſtoff bezogen werden können. Wenn zu der Fruchtbarkeit des Bodens nichts weiter fehlt als der Stickſtoff, ſo wird dieſelbe gleichmäßig mit der alleinigen Zufuhr deſſelben ſteigen nnd mit der Abnahme deſſelben ſinken. Wenn durch den Klee dem Boden kein Stickſtoff genommen, oder ihm doch wenigſtens aus der Atmoſphäre ein nicht unbedeutender Antheil wieder zugeführt wird, ſo wird die Fruchtbarkeit des Bodens durch den Anbau des Klees wenig oder gar nicht abnehmen, oder auch vielleicht noch erhöht werden, obgleich derſelbe nicht unbedeutende Quantitäten der übrigen Nahrungsſtoffe fortführt. Aber die Menge der von dieſen letzteren im Boden verbleibenden iſt noch immer im Verhältniß zum Stickſtoff vollauf hinreichend. Und eben nur ſo lange, als dieſes Verhältniß fortbeſteht, als alſo die unorganiſchen Nahrungsmittel in reichlicher Menge alle vorhanden ſind, kann ſich die ſchonende und bereichernde Wirkung des Klees in der erwähnten Weiſe äußern. Dieſelbe bezieht ſich mithin nur einzig und allein auf den Stickſtoff. Der Klee nimmt dem Boden ſehr viel Kali und auch ebenſoviel Phosphorſäure, als ein gleiches Gewicht der Halmfrüchte. Die letztgenannte Säure findet ſich ebenfalls nur in geringeren Mengen verbreitet, und wo dieſelbe zu mangeln beginnen ſollte, da wird der Klee die Fruchtbarkeit des Bodens nicht erhöhen, ſondern erniedrigen: denn das Ammoniak kann die Phosphorſäure nicht erſetzen. Daſſelbe gilt in Betreff des Kalis ꝛc.

Den erſchöpfenden Einfluß einer Ernte übrigens, wie es häufig geſchieht, nach dem Wachsthum der unmittelbar darauf folgenden Feldfrüchte beurtheilen zu wollen, iſt durchaus nicht erlaubt. Wir werden auf dieſe Verhältniſſe ſpäter, wo von der Wechſelwirthſchaft

die Rede sein wird, ausführlicher zurückkommen, und wollen hier nur noch bemerken, daß man einigen Pflanzen wohl schon deshalb eine stark angreifende Wirkung zugeschrieben hat, weil sie eine besonders starke Düngung erfordern. Ein solcher Schluß ist aber sehr unsicher, denn die Concentration der Nahrungsmittellösung, welche die verschiedenen Pflanzen erfordern, um eine gleiche Quantität von Pflanzenstoffen zu bilden, ist, wie wir schon oft bemerkt haben, ungleich.

Zu den einzelnen Düngerarten und Dungstoffen selbst übergehend, wenden wir uns zunächst zu dem vollständigsten und hauptsächlichsten, in jeder Wirthschaft selbst producirten Dünger, zu dem Dünger im eigentlichsten Sinne des Wortes.

1. Der Stalldünger.

a) Entstehungsweise und Zusammensetzung des Stalldüngers.

Um eine deutliche Vorstellung über die Natur der festen und flüssigen thierischen Excremente, welche, vermischt mit der aufsaugenden und zertheilenden Einstreu, den Stalldünger darstellen, zu erlangen, ist es nothwendig, einen kurzen Blick auf die Veränderungen, welche die Speisen bei ihrem Durchgange durch den Körper erleiden, sowie überhaupt auf die allgemeinsten Erscheinungen des Stoffwechsels zu werfen.

Die durch die Zähne zerkleinerten und mit Speichel imprägnirten Nahrungsmittel werden durch den Schlund hinab in den Magen geleitet. Nachdem sie hier einige Zeit der auflösenden und zersetzenden Einwirkung des von den Magenwänden abgesonderten Magensaftes ausgesetzt worden, gelangen sie in den Darmkanal, wo sie gleich anfangs (in dem Zwölffingerdarm) mit der von der Leber abgesonderten Galle und dem pankreatischen Safte (aus dem Pankreas) vermischt werden.

Das letztgenannte Secret wirkt besonders energisch auf den Speisebrei ein; die unlösliche Stärke wird in löslichen Zucker verwandelt; die Fette werden, wenn nicht gelöst, so doch in einem solchen Maße gleichmäßig fein zertheilt, daß sie in der Flüssigkeit suspendirt bleiben, eine Emulsion bildend, wie die Milch. Durch die fortdauernde Bewegung des Darmes wird der so zersetzte und in noch weitere Zer-

setzung begriffene Speisebrei in dem Dünndarmkanal weiter geführt. Ueber die inneren Wände des Darmes verbreitet sich das Netz der aufsaugenden Gefäße, welche auf endosmotischem Wege die gelösten und flüssigen Substanzen des Speisebreies aufnehmen. Die ungelöste Masse aber wird am Ende des Darmkanals in Form der festen Excremente aus dem Körper entfernt.

Die aufgelösten und von den Gefäßen aufgesogenen Nahrungsstoffe werden in die rechte Herzkammer geführt, und von hier durch die Lungen hindurch (zugleich mit dem venösen Blute) in die linke Herzkammer hinübergepumpt. In den Lungen erleidet die Blutflüssigkeit eine bedeutende Veränderung; sie giebt Kohlensäure ab und nimmt Sauerstoff dafür auf. Aus der linken Herzkammer wird dann das Blut durch die Arterien, welche in einem Netze sehr feiner Capillargänge endigen, in alle Theile des Körpers getrieben; es durchdringt alle Gewebe, wird auf der anderen Seite von dem Gefäßsystem der Venen wieder gesammelt und durch dieselben in die rechte Herzkammer geführt, in welche es sich zugleich mit dem neu aufgesogenen Nahrungssafte ergießt. Von hier aus beginnt der beschriebene Kreislauf von neuem.

Auf seinem Wege durch den Körper hat das Blut sowohl Stoffe abgegeben, als aufgenommen. Die einzelnen Theile der Gewebe sind in fortdauernder Umwandlung und Auflösung begriffen: das Blut nimmt die verflüssigten, abgeschiedenen Körpertheile auf und setzt dafür neue an. Die Speisen beginnen von dem Augenblicke an, wo sie in den Körper eingeführt wurden, eine allmälig fortschreitende Veränderung, welche sie von Stufe zu Stufe den vollständig assimilirten Körpertheilen ähnlicher werden läßt, bis sie als Theile der Gewebe ihren Culminationspunkt erreicht haben. In diesem Zustande verharren sie aber nicht lange Zeit; sie beginnen wieder zu zerfallen, durchlaufen eine Reihe von Veränderungen und werden theils in tropfbar flüssiger, theils in gasförmiger Gestalt aus dem Körper entfernt. Wir nennen diesen letzteren Proceß die Rückbildung. Das Blut nimmt die der Rückbildung verfallenen Stoffe auf und leitet sie fort, während es zu gleicher Zeit die dafür neu zu assimilirenden zuführt.

Während seines Kreislaufes durch den Körper hat das Blut verschiedene Organe zu durchströmen, welche eigenthümliche Flüssigkeiten aus ihm absondern. Diese haben zum Theil noch bestimmte Functionen

zu verrichten und heißen dann Secrete; zum Theil aber werden sie unbenutzt aus dem Körper entfernt und heißen Excrete. Zu den ersteren gehören die schon vorhin genannten Verdauungssäfte, der Speichel, der Magensaft, die Galle, der pankreatische Saft, ferner die Milch, der männliche Samen und noch einige andere. Zu den letzteren gehört zunächst der Harn, welcher aus dem Blute durch die Nieren abgeschieden wird und besonders die Stickstoff haltenden Stoffe der Rückbildung enthält. Von den Nieren gelangt der Harn durch die Harnleiter in die Blase und aus dieser durch die Harnwege aus dem Körper hinaus. Ferner gehört zu den Excreten der Schweiß, welcher aus dem Blute in eigenen Drüsen abgeschieden und an die Oberfläche der Haut gebracht wird. Derselbe besteht aus einer sauren Flüssigkeit, welche neben anderen Verbindungen auch einige unorganische Salze und Ammoniak enthält. Als gasförmige Excrete werden Kohlensäure und Wassergas vorzugsweise durch die Athmungswerkzeuge, aber auch überall durch die Oberhaut abgeschieden.

Die ausgewachsenen Thiere nehmen bei einem gleichmäßigen, hinreichenden Futter entweder gar nicht, oder doch wenigstens in kürzeren Zeitintervallen so gut wie gar nicht, an Gewicht zu. Daraus folgt, daß die aus dem Körper entfernten Excrete an Gewicht dem eingenommenen Futter völlig gleich sein müssen. Und da auch das Gewicht der einzelnen Körpertheile, der einzelnen Gewebe zu einander in ihrem gegenseitigen Verhältnisse sich nicht ändert, so muß die Summe der Excrete nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ den Speisen in Betreff ihrer elementaren Zusammensetzung gleichkommen. Wenn z. B. eine Muskelfaser aufgelöst und die Produkte ihrer Zersetzung aus dem Körper entfernt werden, so wird zu gleicher Zeit aus den nährenden Stoffen des Blutes eine gleiche Faser neu gebildet. Zu dieser Neubildung gehören natürlich gerade so viel Stoffe, als die alte Faser enthält und als durch deren Auflösung abgeschieden wurden; es findet also im Stoffwechsel ein bloßer Austausch statt. Daß dieser ziemlich lebhaft sein muß, beweist die Quantität der zur Lebenserhaltung erforderlichen Nahrungsmittel. Man hat berechnet, daß schon nach nicht vielen Wochen der ganze Körper des Menschen neu gebildet worden, daß also nach Verlauf solcher Zeit alle alten Bestandtheile des Körpers aufgelöst, entfernt und durch neue aus den Nahrungsmitteln ersetzt worden sind.

Im jugendlichen Alter und bei der Mastung und Schwangerschaft nimmt das Gewicht des Thieres zu; es werden alsdann aus den Nahrungsmitteln mehr Stoffe assimilirt, als gleichzeitig der Rückbildung verfallen. Im Greisenalter und während des Hungerns sind die Verhältnisse gerade umgekehrt.

Bei dem Milchvieh ist zu berücksichtigen, daß neben den Excreten auch ein Secret, die Milch, in größeren Quantitäten aus dem Körper entfernt wird.

Wie wir nun gesehen haben, daß im großen Ganzen zwischen den Nahrungsmitteln und den Theilen des Körpers nur ein bloßer Austausch stattfindet, daß in Folge dessen die Summe aller Excremente (die Summe der fortlaufend aus dem Körper entfernten Substanzen) den eingenommenen Speisen in Ansehung der Elemente völlig gleich zusammengesetzt ist; so können wir auch nach den beschriebenen Vorgängen während der Ernährung schon von vornherein beurtheilen, welche Zusammensetzung die verschiedenen Excrete haben müssen. Die festen Excremente enthalten die unauflöslichen Pflanzenstoffe (Thierstoffe), welche der zersetzenden und verflüssigenden Einwirkung der Verdauungssäfte widerstanden: also den größten Theil der harten Pflanzenfaser und besonders des Korkstoffes der Epidermis, nebst den von ihnen umschlossenen und dadurch geschützten Substanzen, ferner die unlöslichen und schwer löslichen Aschenbestandtheile, die Kieselerde, den größten Theil der phosphorsauren und kohlensauren Erden, vermischt mit einer gewissen Quantität von den Verdauungssäften und Darmschleim. Die übrigen Excrete müssen nun die Summe der durch die Verdauung aufgelösten Pflanzenstoffe, oder doch wenigstens Verbindungen, welche dieser in Bezug auf die Quantität und Qualität ihrer Elementarstoffe ganz gleich zusammengesetzt sind, enthalten. Die Lungen athmen hauptsächlich Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff aus; die Oberhaut entfernt neben diesen sehr geringe Mengen von unorganischen Salzen und etwas mehr Ammoniak. Danach ist klar, daß der Urin den größten Theil des Stickstoffes und der auflöslichen Aschenbestandtheile enthalten muß.

Die Analyse bestätigt dies vollkommen. Die Quantität und Zusammensetzung der thierischen Excremente ist natürlich ungleich, ebenso ungleich wie die Zusammensetzung des Futters, welcher die erstere in gewissem Sinne entspricht. War das Futter trocken und reich an unlöslichen

Bestandtheilen, so werden die festen Excremente vorherrschen; war es dagegen saftig, so wird der Urin überwiegen, und auch selbst die festen Kothstoffe werden wegen der Abwesenheit harter Pflanzentheile eine weichere Beschaffenheit haben. Die Resultate der chemischen Analysen der Excremente haben also durchaus gar keine allgemein gültige Bedeutung, sondern passen immer nur für die vorliegenden, oder diesen ganz gleichen Verhältnisse. Wir führen daher nur des Beispiels halber einige wenige derselben an.

Ein Kuhmist bestand aus:

Holzfaser	24,08	coagulirtes Eiweiß	0,40
fette Materie	1,52	harzige Substanz	1,80
Picromel	0,60	Wasser	70,00
Bubulin	1,60		100,00

Zusammensetzung des Harns von Pflanzenfressern:

	vom Schwein.	vom Pferd.	von der Kuh.
Harnstoff	4,90	31,00	18,48
Hippursaures Kali	—	4,74	16,51
Milchsaures Alkali	—	20,09	17,16
Kohlensaure Magnesia	0,87	4,16	4,74
„ Kalkerde	—	10,82	0,55
Schwefelsaures Kali	1,98	1,18	3,60
Phosphorsaures Kali	1,02	—	—
Chlornatrium	1,28	0,74	1,52
Kieselerde	0,07	1,01	—
Wasser	979,14	910,76	921,32
	1000,00	1000,00	1000,00

Aschenanalyse der festen Excremente

	vom Schwein.	von der Kuh.	vom Schaf.	vom Pferd.
Kieselerde	13,19	62,54	50,11	62,40
Kali	3,60	2,91	8,32	11,30
Natron	3,44	0,98	3,28	1,98
Chlornatrium	0,98	0,23	0,14	0,03
Phosphorsaures Eisenoxyd	10,55	8,93	3,98	2,73
Kalk	2,03	5,71	18,15	4,63
Magnesia	2,24	11,47	5,45	3,84
Phosphorsäure	0,41	4,76	7,52	8,93
Schwefelsäure	0,90	1,77	2,69	1,83
Kohlensäure	0,60	—	—	—
Manganoxydul	—	—	—	2,13
Sand	61,37	—	—	—
	99,22	99,30	99,64	99,80

Aschenanalysen der festen und flüssigen Excremente des Menschen.

100 Th. der Asche des Harns bestehen aus:

Chlorkalium	8,99
Chlornatrium	57,03
Phosphorsaures Kali	19,18
Drittel-phosphorsaures Natron	2,90
" " Kalk	2,57
" " Magnesia	2,57
Phosphorsaure Magnesia	0,37
Schwefelsaures Kali	5,33
Schwefelsaure Kalkerde	0,27
Magnesia, Eisenoxyd, Kieselsäure	0,79
	100,00

100 Th. der Asche der festen Excremente enthielten:

Chlorkalium	0,07
Chlornatrium	0,58
Kali	12,44
Kalihydrat	10,05
Natron	0,75
Kalkerde	21,36
Magnesia	10,67
Eisenoxyd	2,09
Phosphorsäure	30,98
Schwefelsäure	1,13
Kieselsäure	1,44
Kohlensäure	1,05
Sand	7,39
	100,00

Während eines Tages wurden von einem Menschen in dem Harne und in den festen Excrementen folgende Aschenbestandtheile entleert:

	im Harn.	in den festen Excrementen.
Chlorkalium	0,7511	—
Chlornatrium	8,9243	0,0167
Kali	2,4823	0,5455
Natron	—	0,0185
Kalkerde	0,2245	0,5566
Magnesia	0,2415	0,2781
Eisenoxyd	0,0048	0,0544
Phosphorsäure	1,7598	0,8072
Schwefelsäure	0,3864	0,0293
Kieselsäure	0,0691	0,0375
	14,8483	2,3438 grammes.

Die Elementaranalyse ergab für die Excremente des Pferdes und der Kuh folgende Zahlen:

	Pferd.				Kuh.			
	Harn.		Koth.		Harn.		Koth.	
	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
Kohlenstoff	36,0	4,46	38,7	9,56	27,2	3,18	42,8	4,02
Wasserstoff	3,8	0,47	5,1	1,26	2,6	0,30	5,2	0,49
Sauerstoff	11,3	1,40	37,7	9,31	26,4	3,09	37,7	3,54
Stickstoff	12,5	1,55	2,2	0,54	3,8	0,44	2,3	0,22
Asche	36,4	4,51	16,3	4,02	40,0	4,68	12,0	1,13
Wasser	0,0	87,61	0,0	75,31	0,0	88,31	0,0	90,60
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Die Nummer 1 bezieht sich auf den wasserfreien Rückstand; 2 auf den Zustand, in welchem die Excremente entleert wurden.

Da die Zusammensetzung der Excremente abhängig ist von der Zusammensetzung des Futters, da die Summe der im Harn, Koth, Schweiß, Athem ausgeworfenen Elementarstoffe im Allgemeinen derjenigen des Futters gleich ist, so muß man sich, wenn man die durch den Schweiß, die Ausdünstung und den Athem fortgeführten Substanzen einmal kennt, leicht eine Vorstellung von den jedes Mal im Harn und Koth enthaltenen Stoffen machen können: diese sind gleich denen des Futters minus der im Schweiß, in der Ausdünstung und im Athem ausgeführten Substanzen. Um nun die durch die Haut und Lunge regelmäßig entfernten Stoffe kennen zu lernen, hat man das Futter der Thiere gewogen und analysirt, und dann auf der anderen Seite die entleerten festen und flüssigen Excremente sorgfältig gesammelt und untersucht. Was in den Excrementen weniger gefunden wurde, als in dem Futter enthalten war, ist natürlich durch die Ausdünstung und durch den Athem verloren gegangen.

Eine Kuh erhielt in 24 Stunden 15000 grm. Kartoffeln, 7500 Heu, 60000 Wasser (als Trinkwasser, dazu 12064 Wasser in dem Futter macht in Summa 72064 Wasser); das trockene Futter enthielt:

Kohlenstoff	4813	Aschenbestandtheile	890
Wasserstoff	596		10436
Sauerstoff	4035	dazu Wasser	72064
Stickstoff	202	Totalgewicht der Nahrungsmittel	82500

Das Gewicht der in 24 Stunden entleerten Excremente und der Milch betrug 45152 im feuchten, und 6111 im trockenen Zustande; und zwar an

	feucht	trocken
Koth	28413	4000
Harn	8200	961
Milch	8539	1151
	45152	6111

Darin wurde gefunden

Kohlenstoff	2602
Wasserstoff	332
Sauerstoff	2083
Stickstoff	175
Asche	920
	6112

Es wurde also in den Excrementen und der Milch weniger entleert, als in der Nahrung aufgenommen waren

Kohlenstoff	2211	Sauerstoff	1952
Wasserstoff	264	Stickstoff	27

An Aschenbestandtheilen wurden 30 Th. mehr entleert, welche in dem Trinkwasser aufgelöst enthalten waren.

Das Totalgewicht der trockenen Nahrungsmittel betrug 10436; dasjenige der Excremente und der Milch 6112; die Differenz von 4324 repräsentirt also die Summe der durch die Haut und Lunge ausgeschiedenen Stoffe des (trockenen) Futters. Dieselben bestehen zum allergrößten Theile aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, welche in Form von Kohlensäure und Wasser ausgeathmet und ausgedunstet wurden. Um 264 Wasserstoff (welche ausgeathmet und ausgedunstet wurden) zu Wasser zu oxydiren, gehört noch etwas mehr als 1952 Sauerstoff; die gesammte Quantität Sauerstoff, welche erfordert wurde, um 2211 Kohlenstoff in Kohlensäure zu verwandeln, mußte daher durch Einathmen der Luft entnommen worden sein. Vom Stickstoff waren 27 Th. von 202 Th. des Futters, also etwa $13\frac{1}{2}$ Proc. durch Haut und Lunge abgegeben, und zwar der größte Theil davon, in Verbindung mit Wasserstoff, als Ammoniak; ein geringer Theil aber auch als freier, ungebundener Stickstoff. In der Milch waren ungefähr 44 Th. Stick-

ſtoff, oder 22 Proc. von demjenigen des Futters gewonnen. Es bleiben daher für die feſten und flüſſigen Excremente 64½ Proc. übrig. Wo die Milch nicht zur Käſebereitung, ſondern nur zur Buttergewinnung benutzt, der übrige Theil aber wieder verfüttert wird, da kommt der größte Theil des in ihr enthaltenen Stickſtoffes doch ſchließlich wieder in den Dung, denn die vom Hofe weggeführte Butter beſteht, wie alle Fettarten, nur aus Kohlenſtoff, Waſſerſtoff und Sauerſtoff.

Bei den Pferden war die durch Haut und Lunge abgegebene Quantität Stickſtoff ein wenig, bei den Schafen nicht unbedeutend geringer, als bei der Kuh; ſie betrug bei den Schafen nur etwa 7 Proc. Die Quantität der ausgeathmeten und ausgedunſteten Stoffe nimmt mit dem Maße der Bewegung zu; inwieweit ſie abhängig iſt von der Zuſammenſetzung des Futters iſt leider noch nicht beſtimmt ermittelt; bedeutende Schwankungen ſcheinen durch dieſelbe jedoch nicht veranlaßt zu werden. Wenn wir daher annehmen, daß im Durchſchnitt von dem Futter, welches dem ganzen, im Stalle gefütterten Viehſtand gereicht wird, etwa 13 Proc. des Stickſtoffgehaltes durch die Haut und Lunge für den Dung verloren gehen, ſo glauben wir dieſe Zahl nicht zu niedrig gegriffen zu haben. Was von den übrigen 87 Proc. in der Milch, im Fleiſch, in der Wolle ꝛc. angehäuft wird, läßt ſich aus dem Gewichte dieſer Produkte leicht berechnen. Die Milch iſt hier am meiſten zu berückſichtigen, denn die Quantität des producirten Fleiſches und der Wolle iſt im Verhältniß zu dem conſumirten Futter in den meiſten Fällen eben nicht ſehr beträchtlich.

Da von den Nahrungsmitteln bei ihrem Durchgange durch den Körper verhältnißmäßig weit mehr Kohlenſtoff, Waſſerſtoff und Sauerſtoff, als Stickſtoff ausgeathmet (ausgedünſtet) wird, ſo verſteht es ſich von ſelbſt, daß die procentiſche Zuſammenſetzung der Excremente mehr Stickſtoff aufweiſt, als diejenige der Nahrungsmittel. 100 Th. der Nahrungsmittel enthielten 45,8 Kohlenſtoff, 5,7 Waſſerſtoff, 38,4 Sauerſtoff, 1,9 Stickſtoff, 8,2 Aſche. 100 Th. der Excremente: 39,8 Kohlenſtoff, 4,7 Waſſerſtoff, 35,5 Sauerſtoff, 2,6 Stickſtoff, 17,4 Aſche.

Die procentiſche Zuſammenſetzung eines ganz friſchen Stallmiſtes (Excremente und Streumaterial), welcher von 30 Pferden, 30 Stück Hornvieh und 16 Schweinen gewonnen, und gleichförmig durcheinander gemiſcht war, berechnete ſich folgendermaßen:

	trocken	feucht
Kohlenstoff	42,3	9,4
Wasserstoff	5,0	1,2
Sauerstoff	36,7	8,2
Stickstoff	1,9	0,4
Asche	14,1	3,2
Wasser	—	77,6
	100,0	100,0

Die Streu bestand aus Weizenstroh, von dem 1 Pferd 4, 1 Kuh 6 und ein Schwein $2\frac{3}{4}$ Pfund täglich erhielten.

Der Dünger geht leicht in Zersetzung über; die Endprodukte derselben sind denen gleich, welche überhaupt alle vegetabilischen und thierischen Substanzen unter gleichen Umständen liefern: nämlich Kohlensäure, Wasser, Ammoniak und die unorganischen Salze; das sind die allgemeinen Nahrungsmittel der Gewächse. Als Beispiel einer solchen Zersetzung möge diejenige des Harnstoffes, eines stickstoffhaltigen Bestandtheiles des Harns dienen;

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff
100 Th. Harnstoff enthalten:	20,0	6,6	26,7	46,7
treten dazu:	—	3,4	26,6	—
so entstehen 130 Th. kohlensaures Ammoniak:	20,0	10,0	53,3	46,7

3,4 Wasserstoff und 26,6 Sauerstoff bilden zusammen 30 Wasser, welche mithin während der Zersetzung aufgenommen wurden.

Wenn also die Summe aller Excrete dieselben Elemente in derselben Quantität enthält, als die eingenommenen Nahrungsmittel (wir sehen hier zunächst der Einfachheit halber von einer Gewichtsvermehrung des Körpers und von der Milch ab); wenn diese Elemente sich unter günstigen Umständen zu den Verbindungen, welche die Nahrungsmittel der Pflanzen darstellen, gruppiren: so ist es klar, daß die Excrete in ihrer Gesammtheit das Material zur Bildung einer Quantität Pflanzensubstanz, welche der verfütterten völlig gleich kommt, in sich enthalten. Wenn 1000 Th. Roggen verfüttert wurden, so reichen die ausgeschiedenen Excrete gerade hin, um 1000 Th. Roggen wieder zu erzeugen; ebenso wie 1000 Th. Wasser, in seine beiden Elementarbestandtheile zerlegt, gerade soviel Sauerstoff und Wasserstoff liefern, als zur Wiedererzeugung von 1000 Th. Wasser erfordert wer-

den. Der Boden erhält aber von den Excreten im Dünger nur die festen und flüssigen wieder, und es fragt sich nun, ob demselben mit diesen alle Stoffe zurückgegeben werden, welche er zur Bildung der verfütterten Pflanzenmasse hergegeben hatte; ob also die luftförmigen Excrete der Haut und Lunge nur solche Stoffe enthalten, welche die Pflanzen der Atmosphäre entnommen. Von den unorganischen Salzen des Futters haben wir gesehen, daß sie vollständig in den festen und flüssigen Excrementen wieder gewonnen werden; an Kohlenstoff aber enthalten dieselben jedenfalls mehr, als der Boden zur Bildung der Pflanzen abgegeben hatte, denn der größte Theil wurde der Luft entzogen; in Betreff des Stickstoffes ist es unmöglich, anzugeben, ob durch den Dünger dem Boden so viel wiedergegeben wird, als er an die Pflanzen abgegeben hatte, weil es nicht bekannt ist, wie viel davon die Atmosphäre beigesteuert. Wir wissen, daß wir einem Acker durch den Anbau gewisser Pflanzen mehr Stickstoff abzugewinnen vermögen, als er in dem zugeführten Dünger erhielt, denn ein Theil desselben wurde in Form von Ammoniak der Atmosphäre (aber zumeist wahrscheinlich durch Vermittelung des Bodens) genommen; wir wissen ferner, daß in den meisten Gegenden die Halmfrüchte den Boden ärmer an Stickstoff machen, wenn er auch den aus der verfütterten Ernte gebildeten Dung vollständig wiedererhält.

Es ist früher angegeben worden, daß 1000 Th. Roggen (Stroh mit Körnern) $4\frac{1}{2}$ Phosphorsäure, $6\frac{1}{2}$ Kali, $3\frac{1}{4}$ Kalkerde und Magnesia, 20 Kieselsäure und 9 Stickstoff enthalten. Werden die 1000 Th. Roggen verfüttert, so enthält der gewonnene Dung die 5 erstgenannten Stoffe vollständig wieder, vom Stickstoff aber nur etwa 87 Proc., also $7\frac{4}{5}$ Th. Diese Mischung reicht nun nicht mehr hin, um aus sich (ohne weiteren Zuschuß) 1000 Th. Roggen wieder zu erzeugen, denn es fehlen $1\frac{1}{5}$ Stickstoff; deshalb können also daraus nur 870 Th. Roggen erzeugt werden, und von den Aschenbestandtheilen bleiben 13 Proc. unbenutzt übrig. Die alleinige Zufuhr von $1\frac{1}{5}$ Th. Stickstoff reicht alsdann hin, um die fehlenden 130 Th. Roggen zu erzeugen. Würde statt dessen noch so viel Dünger gleicher Qualität anderweitig zugeführt worden sein, als $1\frac{1}{5}$ Th. Stickstoff enthält, so könnten aus der Gesammtmasse natürlich nur ebenfalls 1000 Th. Roggen gebildet werden; die im zugeschossenen Dünger enthaltenen stickstofffreien Nahrungsstoffe aber müssen ohne Wirkung zurückbleiben.

Wie muß sich demnach der Zustand eines Ackerbodens während der Cultur ändern? Was von dem verfütterten Theile der Ernte dem Boden im Dünger wieder zugeführt wird, haben wir so eben gesehen. Dazu muß jedoch nachträglich bemerkt werden, daß das Gesagte nur bei der vollkommenen Stallfütterung zutrifft. Die Quantität Dünger, welche außerhalb der Ställe auf die Wege und überhaupt auf die unbebauten Orte fällt, ist natürlich als vollständig verloren zu betrachten. Von den Excrementen aber, welche die Thiere auf das Weideland fallen lassen, kommen dem Boden alle Aschenbestandtheile wieder; von dem Stickstoff dagegen geht ein großer Theil während der, bei freiem Zutritt der Luft erfolgenden, Zersetzung in die Atmosphäre über. (Der Boden wird dadurch allerdings insofern von einem directen Verlust weniger betroffen, als, wie wir sogleich sehen werden, die Weidepflanzen demselben weniger Stickstoff entziehen). Das Streumaterial kommt dem Boden offenbar vollständig wieder; um aber den bei der Düngerbereitung unvermeidlichen Verlust an Ammoniak zu berücksichtigen, so werden wir auch von dem Stickstoff des Streumaterials einige Procent in Abrechnung bringen müssen. Vollständig verloren gehen für den betreffenden Boden alle diejenigen Stoffe, welche in den vom Hofe verkauften Produkten, dem Korn, der Milch, der Wolle und dem Fleisch ꝛc., angesammelt waren. Betrachten wir die Zusammensetzung dieser eben genannten Produkte, so ergiebt sich, daß sie drei Stoffe in verhältnißmäßig großer Menge enthalten, nämlich: 1. die Phosphorsäure, 2. das Kali, 3. den Stickstoff. Während das Roggenstroh mit Körnern in 1000 Th. $4\frac{1}{4}$ Phosphorsäure, $6\frac{1}{2}$ Kali und 9 Stickstoff aufweist, finden sich in den Roggenkörnern allein $9\frac{1}{5}$ Phosphorsäure, $6\frac{3}{4}$ Kali und 20 Stickstoff. 100 Th. der Asche von Roggenstroh mit Körnern enthalten 18,9 Kali und 14,1 Phosphorsäure; 100 Th. der Asche der Roggenkörner dagegen 34,5 Kali und 47,5 Phosphorsäure.

In den vom Landgute ausgeführten Produkten werden daher andauernd gewisse Quantitäten von Bodenbestandtheilen weggegeben, und zwar verhältnißmäßig am meisten vom Kali, von der Phosphorsäure und dem Stickstoff. Die allmälige Abgabe des Kali wird in den häufigsten Fällen am spätesten durch den eintretenden Mangel empfunden werden, weil dasselbe in größerer Quantität im Boden aufgespeichert ist. Die Phosphorsäure gehört aber zu den selteneren Bestand-

theilen der Ackererden; sie ist zur Bildung aller Culturpflanzen in beträchtlicher Menge erforderlich, und ihre Abnahme im Boden muß bald in der zurücktretenden Vegetation zur Erscheinung kommen. Von dem Stickstoff der Ernte geht schon in dem verfütterten Quantum durch die Respiration ein Antheil verloren; da nun ferner die Ausfuhrprodukte besonders reich daran sind, der Boden aber nur sehr selten genügende Quantitäten davon enthält, so folgt daraus, daß der Verlust an Stickstoff der Ackererden sehr bald für die Vegetation fühlbar werden müsse, wenn nicht der Verlust auf irgend eine Weise anderweitig gedeckt wird, und daß, wenn ein solcher anderweitiger Ersatz nicht geschieht, im Verhältniß zu den übrigen Nahrungsmitteln der Pflanzen die stickstoffhaltenden im Boden immer mehr zurücktreten müssen.

Die Mittel, wodurch der allmäligen Verarmung des Bodens vorgebeugt, der andauernde Verlust an Nahrungsmitteln der Pflanzen ersetzt wird, sind verschieden. In vielen Wirthschaften finden sich neben dem Ackerland *Wiesen*, welche, ohne gedüngt zu werden, alljährlich mehr oder weniger reiche Erträge an Gras liefern, denen scheinbar ein unerschöpflicher Vorrath an Nahrungsmitteln zu Gebote steht (vgl. S. 190 u. 276). Das Gras (Heu) wird verfüttert, und es gehen etwa 13 Proc. seines Stickstoffgehaltes durch die Respiration für den Dünger verloren, von den Aschenbestandtheilen aber keine (abgesehen von Fleisch- und Milchproduction ꝛc., für die es keine allgemeinen Werthe giebt). 1000 Th. Heu (wasserfrei) enthalten 14 Stickstoff, 6 Phosphorsäure, 17 Kali, 8 Kalk und Magnesia und 20 Kieselsäure. Bei dem Durchgang durch den thierischen Körper würden davon etwa 2 Th. Stickstoff verloren gehen.

Wo daher für je 1000 Th. verkauften Weizens oder Roggens etwa 2000 Th. Heu verfüttert werden können, da wird der fortgeführte Stickstoff *vollkommen* ersetzt, die Phosphorsäure aber nahe *anderthalbfach* und das Kali sogar *fünffach*. Unter solchen Umständen wird der Boden während der Cultur an Aschenbestandtheilen nicht nur nicht ärmer gemacht, sondern im Gegentheil *bereichert*. Die unverbrennlichen Nahrungsstoffe des Bodens müssen sich auf diese Weise im Verhältniß zum Stickstoff von Jahr zu Jahr anhäufen; sie bilden darin ein todtes Capital, insofern nicht mehr Pflanzensubstanz producirt werden kann, als der Stickstoff ausreicht. Wenn bei der Fabrikation von Alaun in der Lösung so viel Schwefelsäure und Thonerde vorhanden ist, als zur Erzeugung von 1000 Centnern Alaun erfordert

wird, der Kalivorrath aber nur zur Bildung von 100 Centnern ausreicht, so können nur 100 Centner producirt werden, und die beiden erstgenannten Rohprodukte bleiben mit ihrem Ueberschuß unausgenutzt zurück. Die Fabrication ist dann, so lange das richtige Verhältniß nicht hergestellt ist, abhängig von der alleinigen Zufuhr an Kali.

Um das, sich im Boden unverhältnißmäßig anhäufende, Capital von unverbrennlichen Nahrungsmitteln verarbeiten zu können, giebt es daher offenbar nur ein Mittel, und das besteht in der vermehrten Zufuhr von stickstoffhaltigen Nahrungsmitteln. Eine solche Zufuhr kann aber auf zwei, wesentlich verschiedenen Wegen bewerkstelligt werden: 1. durch den Anbau solcher Pflanzen, welche das Ammoniak der Atmosphäre vorzugsweise ausnutzen, indem sie es entweder durch die Blätter aufnehmen (?), oder durch Vermehrung der Thauniederschläge ꝛc. seinen Uebergang in den Boden vergrößern und die Abdunstung behindern; 2. durch die Zufuhr der im Handel vorkommenden, später zu besprechenden, stickstoffhaltenden Substanzen.

Was den ersten Weg betrifft, so gehören zu den Pflanzen, welche das Ammoniak der Atmosphäre ausnutzen, vorzugsweise der Klee, dann aber im Allgemeinen alle während ihres üppigen Wachsthums im grünen Zustande abgemäheten Pflanzen, mit einem Worte, die Futterpflanzen. Es folgen dann die Hülsenfrüchte, von denen man annimmt, daß wenn sie den Boden auch nicht geradezu bereichern, ihn doch wenigstens schonen, während der Anbau der Halmfrüchte erfahrungsmäßig den Stickstoffgehalt des Bodens am meisten beeinträchtigt. Wo zwischen die Halmfrüchte in regelmäßiger Fruchtfolge die erstgenannten Pflanzen abwechselnd eingeschaltet werden, da wird die Fruchtbarkeit des Bodens in den meisten Fällen, bei übrigens rationeller Bewirthschaftung, sich nicht mindern, wenn die in den verkauften Produkten ausgeführten Aschenbestandtheile, und vor allen die Phosphorsäure und das Kali durch Wiesengräser gerade ersetzt werden; denn die Quantität des Stickstoffes, welche der Boden in dem Stalldünger weniger erhielt, als ihm in der Ernte entzogen wurde, wird durch die Futterpflanzen aus der Atmosphäre ihm wiedergegeben. Wo bei solcher Fruchtfolge ein noch günstigeres Verhältniß von guten Wiesen existirt da wird die Fruchtbarkeit des Bodens sogar andauernd steigen müssen. Wir sehen also, daß es möglich ist, ein Landgut, trotz der andauernden Ausfuhr von Bodenbestandtheilen in den verkauften landwirth-

schaftlichen Produkten, in demselben Zustande seiner Ertragsfähigkeit zu erhalten, ja daß es unter günstigen Umständen sogar möglich ist, die Ertragsfähigkeit ununterbrochen, auch ohne fremde Hülfsmittel, zu erhöhen. Es ist nicht nöthig hier Beispiele zu nennen (denn sie sind überall verbreitet), wo die Fruchtbarkeit der Landgüter durch deren alleinige Hülfsquellen bis zu einer beträchtlichen Höhe gesteigert worden und in noch fortdauernder Steigerung begriffen ist. Ein solches Resultat ist allerdings, mit sehr seltenen Ausnahmen, nur bei einem eingeschränkten Halmfruchtbau und bei Anwesenheit von guten Wiesen zu erzielen. Je mehr Wiesen vorhanden sind, desto freier kann natürlich die Bewirthschaftung im Allgemeinen, und besonders in Rücksicht auf die Fruchtfolge sein; je mehr es an Wiesen fehlt, desto weiter muß dagegen der Anbau von Futterkräutern (und Hülsenfrüchten) ausgedehnt werden. Die Atmosphäre ist das allgemeine Reservoir von allem Ammoniak, welches aus dem Futter, während seines Durchganges durch den Körper, welches aus dem Dünger, aus dem Boden ꝛc. verflüchtigt wird; seinen beigesteuerten Antheil kann ein jeder möglichst vollständig nur durch die vorhandenen natürlichen Wiesen, oder durch den Anbau von blattreichen Gewächsen, namentlich von üppig wachsenden Futterkräutern wieder erhalten. Da die von den Futterpflanzen dem Boden entzogenen Aschenbestandtheile demselben in dem Dünger meist vollständig wieder zugeführt werden, so wird der Boden auch an diesen durch den Anbau jener Gewächse gar nicht ärmer gemacht, dagegen aber an Stickstoff bereichert. In diesem Sinne allein ist der Klee ꝛc. jedenfalls bodenbereichernd, wie man gewöhnlich sagt, denn durch seinen Anbau geht dem Boden von keinem Bestandtheile dauernd etwas verloren und sein Stickstoffgehalt wird vergrößert. Würde die Ernte des Klee vom Gute entfernt, so würde allerdings damit eine bedeutende Quantität von Aschenbestandtheilen dem Boden entzogen werden. Seine Fruchtbarkeit würde aber auch dadurch, so lange die unverbrennlichen Nahrungsmittel vorherrschen, nicht vermindert werden; sie kann sich selbst unter solchen Umständen noch erhöhen, dadurch nämlich, daß in den zurückbleibenden Wurzeln und besonders durch die während der Vegetation vermehrte Thaubildung mehr Stickstoff dem Boden zukommt, als er an die geerntete Kleemasse abgegeben hatte.

Ob es vortheilhafter ist, das fehlende Ammoniak durch den Anbau

von Futterkräutern zu vermehren (das vorhandene zu erhalten), oder es durch käufliche stickstoffhaltende Pflanzennahrungsmittel zu ersetzen, darauf läßt sich selbstverständlich keine allgemein gültige Antwort geben. Im letzteren Falle kann die Fruchtfolge eine freiere sein; und besonders der Anbau der Halmfrüchte vermehrt werden. Es kommt nun für die Beantwortung der in Rede stehenden Frage auf das Verhältniß an, in welchem der Gewinn des Anbaues der Halmfrüchte zu demjenigen des Futterkräuterbaues steht.

Das in dem Vorangehenden über den Dünger gesagte, bezieht sich auf das gleichmäßige Gemisch der festen und flüssigen Excremente. Der Harn enthält andere Verbindungen, als der feste Koth; ersterer umfaßt die löslichen, letzterer die unlöslichen. Beide können daher einander nicht vertreten; nur ihre Mischung enthält die Bestandtheile der verfütterten Pflanzen (mit Ausnahme des Stickstoffs) in demselben Verhältnisse, in welchem sie zur Erzeugung einer gleichen Quantität vom Boden wieder gefordert werden. Damit ist nicht gesagt, daß nicht der Harn, oder der feste Dung jeder für sich allein im Stande sein sollte, Pflanzen zu produciren; aber das Gewicht der Pflanzen, welche die beiden Excremente getrennt aus sich allein zu produciren vermögen, ist weit geringer, als dasjenige, welches sie mit einander gemischt producirt haben würden. Denn wo sie einzeln verwandt werden, bleibt wegen des unpassenden Mischungsverhältnisses der Nahrungsstoffe, ein Theil derselben unbenutzt zurück. Die früher angeführten Analysen zeigen, daß der Harn bedeutend reicher an pflanzennährenden Substanzen ist, als die festen Excremente. Von einem Menschen wurden in 24 Stunden im Harn 14,8, im Koth nur 2,3 grm. unverbrennlicher Stoffe entleert; der Harn des Pferdes enthält mehr als 5 mal so viel Stickstoff, wie die festen Excremente, und über doppelt so viel Aschenbestandtheile ꝛc.

Unter solchen Umständen ist die große Bedeutung des Harns (Jauche) für die Ernährung der Pflanzen, sehr einleuchtend; und sie ist auch zu allen Zeiten schon von beobachtenden Landwirthen vollkommen gewürdigt worden. Wenn es dennoch heut zu Tage in manchen Gegenden nothwendig ist, die Auffammlung und Benutzung der Jauche immer wieder zu empfehlen, so bietet sich uns darin ein betrübendes Zeugniß von eingewurzelter Indolenz dar.

An humusbildenden Substanzen wird der Boden durch die

Düngung mit dem Stallmist, also durch die Cultur, in den meisten Fällen stark bereichert. Vergl. S. 268.

b) Die zweckentsprechende Behandlungsweise und Verwendung des Stalldüngers.

Aus mehrfachen Gründen ist es nöthig, den Dung vor seiner Ueberführung auf das Feld längere Zeit hindurch aufzubewahren; und es kommt vor allem darauf an, ihn während dessen vor wesentlichem Verlust zu schützen.

Der Dünger geht, wie jede organische Substanz, unter günstigen Umständen in Zersetzung über. Ein gewisser Feuchtigkeitszustand, Wärme und Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffes, sind die allgemeinen Bedingungen der Zersetzung. Die stickstoffhaltigen Substanzen zerfallen eines Theils selbst am schnellsten, und befördern anderen Theils dadurch auch die Zersetzung der stickstofffreien Verbindungen, welche sich in Berührung mit ihnen befinden. Deshalb verwesen die animalischen Stoffe leichter, als die pflanzlichen. In der völligen Trockniß geht die Zersetzung gar nicht, unter Wasser nur sehr langsam von Statten. Bei einem passenden Feuchtigkeitsgrad nimmt sie im Verhältnisse mit der Temperatur an Intensität zu. Durch die Verwesung selbst wird die Temperatur erhöht; wo der Sauerstoff Zutritt hat, da ist der Vorgang der Zersetzung gleich einer langsamen Verbrennung, und es wird dabei dieselbe Quantität Wärme erzeugt, als bei der Verbrennung unter Lichterscheinung. Da nun die entwickelte Wärme die Zersetzung beschleunigt, so fördert, wo ihr Entweichen gehindert ist, der Verwesungsproceß selbst sein schnelleres Fortschreiten.

Diese theilweise schon öfter erwähnten Verhältnisse sind bei der Düngerbehandlung vorzugsweise zu berücksichtigen; da der Dünger und namentlich der Urin unter passenden Bedingungen sehr leicht in Zersetzung übergeht. Während dessen werden bekanntlich unter Umständen auch flüchtige Produkte aus ihm entwickelt: Kohlensäure, Ammoniak ꝛc. Die Zurückhaltung und Conservirung des letztgenannten Stoffes ist der Punkt, auf welchen das Hauptaugenmerk bei der Aufbewahrung des Düngers zu richten ist; wenn dieselbe nicht unter solchen Verhältnissen geschehen kann, wo die Zersetzung und damit die Bildung von Ammoniak verhindert ist.

Die Excremente, frisch getrocknet und an einem trockenen Orte aufbewahrt, erhalten sich ebenso unverändert, wie das Heu und Stroh in den Scheunen. Es ist bekannt, wie lange sich schon die Excremente des Rindvieh's, zu einer torfähnlichen Masse getrocknet, auf der Oberfläche des Weidelandes erhalten. Im feuchten Zustande dagegen, zersetzen sich die unvermischten Excremente, besonders wenn sie in mäßig große Haufen zusammengebracht sind, außerordentlich rasch; der Rindviehdünger, welcher wegen seiner eigenthümlichen Beschaffenheit die Durchdringung des atmosphärischen Sauerstoffes sehr behindert, am langsamsten; der Pferdedünger aus entgegengesetzten Gründen am schnellsten. Man hat einen feuchten Haufen von Pferde-Excrementen sich so energisch zersetzen sehen, daß er in hellen Flammen aufging; ein anderer, welcher nicht mit Fenererscheinung verbrannte, hatte sich doch bald in eine erdige Masse verwandelt, welche fast nur aus den Aschenbestandtheilen zusammengesetzt war, von Ammoniak aber offenbar so gut wie nichts enthalten konnte. Vermischt man aber die Excremente mit Streumaterialen, mit Stroh, Erde, Sägespänen ꝛc. so gleichmäßig wie möglich; so wird sich das Gemisch, wenn es im feuchten Zustand erhalten werden kann, natürlich auch zersetzen, aber langsamer und ohne eine starke Temperaturerhöhung. Das entwickelte Ammoniak aber wird, so lange die Zersetzung nicht bis zur Oxydation eines großen Theils der humosen Substanzen fortgeführt ist, fast vollständig in der Masse gebunden und zurückbehalten.

Die Einstreu der Viehställe dient nicht allein dazu, dem Vieh ein reinliches Lager zu bereiten, auch nicht allein zur Auffaugung der Jauche, und gleichmäßigen Vermischung derselben mit den festen Excrementen; sondern ist daneben von der allergrößten Bedeutung für erwünschte Zersetzungsweise des Düngers. Die Einstreu trennt die einzelnen Theile der Excremente von einander, und indem sie zwischen dieselben stickstoffärmere und weniger stürmisch zerfallende Substanzen einschiebt, bewirkt sie gleichsam eine Verdünnung der ersteren. Die Zwischenräume des lockeren Dungs (Pferdedung) ausfüllend, behindert sie das zu schnelle Eindringen des Sauerstoffs; die schmierige Beschaffenheit des Rindviehdüngers aufhebend, befördert sie dagegen dessen Zutritt in gemäßigter Weise. Daß durch diese Umstände eine gleichmäßiger fortschreitende Zersetzung der Dungmassen bewirkt werden muß, leuchtet bald ein. Das gewöhnlich zur Einstreu verwandte Stroh

vermehrt noch dazu die Quantität der sich bildenden Humuskörper sehr bedeutend. Diese besitzen aber, wie wir früher gesehen haben, in hohem Grade die Fähigkeit, das Ammoniak zu binden; theils dadurch daß sie eine wirkliche chemische Verbindung mit demselben eingehen (humussaures Ammoniak), theils durch oberflächliche Attraction. Der Thon besitzt in dieser Beziehung ähnliche Eigenschaften; die schmierige Beschaffenheit aber, welche er im nassen Zustande annimmt, machen seine Benutzung als Einstreu in die Ställe, ebenso wie diejenige des Moders, unthunlich. Eine sandige Erde dagegen, welche einige Procent Thon und Humus enthält, eignet sich sehr gut für den genannten Zweck, wenn sie auch die Ammoniakbindenden Eigenschaften in geringerem Grade aufweist.

Je inniger die Vermischung der Einstreu mit den Excrementen bewerkstelligt wird, in desto höherem Maße werden die bezeichneten vortheilhaften Wirkungen derselben erreicht werden. Wo Streumaterial und Excremente schichtenweise oder in Klumpen nebeneinander liegen, da kann natürlich weder eine gleichförmige Zersetzung, noch die vollständige Bindung des entwickelten Ammoniaks erwartet werden. Die Mischung aber wird am einfachsten und besten durch das Vieh selbst bewerkstelligt; und es ist daher immer nothwendig, daß der Dung einige Zeit unter dem Vieh liegen bleibt, wenn auch seine Aufbewahrung sonst in einer außen liegenden Dungstätte besorgt werden soll.

Die einfachste und, wie es scheint, zugleich die vollkommenste Methode der Behandlung und Aufbewahrung des Düngers besteht darin, daß man ihn bis zu seiner Abfuhr aufs Feld unter dem Vieh selbst liegen läßt. Dadurch wird erreicht 1. die möglichst innige Vermischung der Excremente mit der Einstreu; 2. eine festgestampfte Lagerung des Düngers, welche das Eindringen des Sauerstoffes und somit die schnelle Zersetzung moderirt; 3. die gleichmäßige Vertheilung der flüssigen Excremente durch die Dungmasse; 4. Schutz vor störenden Einflüssen der Witterung, namentlich vor starken Regengüssen einer-, und vor anhaltender Dürre andererseits.

Diese Methode ist jedoch aus nahe liegenden Gründen nur für den Rindvieh- und Schafdung anwendbar; sie erfordert reichliches Streumaterial und die Benutzung von erdigen Substanzen (auch Laub, Sägespäne, Torfkohle) ist hier besonders zu empfehlen. Das Stroh, auch wenn es in kürzere Stücke zerschnitten worden, kann nie eine so

vollständige Zertheilung der festen, und Auffaugung der flüssigen Excremente bewirken, als die Erde. Die Anwendung der letzteren muß in den Schafställen vorzüglich dadurch gute Dienste leisten, daß sie die stürmische, und stets mit erheblichem Verlust begleitete Zersetzung des Düngers in den heißen Sommertagen mäßigt; in den Rindviehställen aber dadurch, daß sie die schmierigen Kothstoffe zertheilt, und deren Zusammenballen bei der Austrocknung verhindert. Die zur Einstreu benutzte Erde nimmt mit der Zeit eine schwärzliche oder schwarze Farbe an, welche zum Theil von gebildeten humosen Substanzen, zum Theil aber von Schwefeleisen herrührt, welches durch die Verbindung des, sich aus dem verwesenden Dünger entwickelnden, Schwefelwasserstoffs mit dem Eisenoxyd der Erde, entsteht. Daß die in Rede stehende Methode der Aufbewahrung des Düngers in den Ställen von keinem erheblichen Verluste, und auch von keiner, der Gesundheit des Viehes nachtheiligen Ausdünstung begleitet ist, lehrt die vielfach constatirte Thatsache, daß in den Viehställen, wo der Dung liegen bleibt, kein stärkerer Geruch nach Ammoniak bemerkbar ist, als in denjenigen, wo er täglich entfernt wird; ja, daß sogar in den Fällen, wo die Auffaugung der Jauche vollständig erreicht wird, ein weit geringerer Geruch vorhanden ist. Der starke Ammoniakgeruch rührt überhaupt von der in den Unebenheiten der Ableitungsrinne stehenbleibenden Jauche, oder, wo der Boden mit Holz ausgedielt ist, von dem darin zurückgehaltenen Antheil her.

Wenn der Dünger in außerhalb der Ställe gelegenen Dunggruben aufbewahrt werden soll, hat man ihn daselbst so zu behandeln, daß er sich in möglichst ähnlichen Verhältnissen befindet, wie unter dem Vieh im Stalle. Die Vermischung mit dem Streumaterial wird man noch, so gut es geht, vom Vieh selbst besorgen lassen; die gleichmäßige Vertheilung über die Oberfläche der Grube, oder des schon angesammelten Dunghaufens muß durch Menschenhände so oft, als nöthig, geschehen; das feste Einstampfen wird am einfachsten durch aufgetriebenes Vieh bewerkstelligt. Die Jauche muß durch Rinnen und Röhren in eine, gewöhnlich in der Mitte der Grube gelegene Vertiefung geleitet, ihre Vertheilung über die Dungmassen aber künstlich vermittelst einer Druckpumpe ausgeführt werden. Den Schutz vor der Einwirkung ungünstiger Witterungsverhältnisse sucht man entweder durch eine Bedachung, oder doch wenigstens durch Anlegung der Grube an einem geschützten und beschatteten Orte, zu erreichen.

Das Ebenen der Oberfläche, und das Einstampfen ist nothwendig, um, wie gesagt, die Durchdringung der Luft und dadurch eines Theils die stürmische Zersetzung, anderen Theils die Fortführung der flüchtigen Zersetzungsprodukte zu verhindern.

Die Vermischung der Jauche mit dem festen Dung ist jedenfalls der getrennten Benutzung derselben vorzuziehen. In dem Jauchloche aber geht sie sehr bald in Zersetzung über; (es ist bekannt daß der in Gefäßen stehenbleibende Urin schon in 24 Stunden einen fauligen, ammoniakalischen Geruch annimmt) und es wird zur Vermeidung von Verlusten daher nothwendig, ihre Ansammlung auf längere Zeit möglichst zu verhindern, oder sie mit Wasser zu verdünnen, oder endlich ihr Ammoniak bindende Stoffe zuzusetzen, als da sind Schwefelsäure, Gyps, Eisenvitriol ꝛc. Diese Zusätze sind aber nicht allein kostspielig, sondern auch noch mit mancherlei Unannehmlichkeiten verbunden, und es scheint daher vortheilhafter, die Jauche durch erdige Substanzen aufsaugen zu lassen, und diese dann gleichmäßig über den festen Dung zu verbreiten. Dadurch wird nicht allein eine vollkommene Vertheilung der Jauche erreicht, sondern die Erdstreu wirkt auch noch in der früher beschriebenen Weise vortheilhaft auf den Zersetzungsproceß der ganzen Dungmasse ein. In diesem Falle wird man sich natürlich des Moders und der lehmigen Erden mit großem Nutzen bedienen können, und zwar schon deshalb, weil dieselben vermöge ihrer großen wasserhaltenden Kraft eine bedeutende Menge Jauche in sich aufnehmen können. Torfgrus und Torfkohle sind zur Auffaugung der Jauche ebenfalls sehr verwendbar. Asche aber und kalkhaltige Erden müssen vermieden werden, weil sie die Zersetzung ungemein befördern. Gebrannter Kalk (Kalkmilch) verhindert zwar, wie Versuche gezeigt haben, die Zersetzung des Urins und wirkt conservirend auf ihn ein, aber auf dem Düngerhaufen, wo sich Kohlensäure in Menge entwickelt, würde er sehr bald in kohlensaure Kalkerde verwandelt werden, und damit dessen schädliche Einwirkung übernehmen.

Die Ueberdachung der Grube ist gewiß in manchen Fällen nützlich, aber sie erscheint, bei übrigens zweckmäßiger Einrichtung, nicht als nothwendig. Das Regenwasser sammelt sich in dem Jauchereservoir an, und die durch dasselbe extrahirten Stoffe werden mit der Jauche wieder über den Dunghaufen vertheilt. Die schädliche Einwirkung großer Hitze beseitigt man durch Benetzen mit Wasser und dadurch,

daß man den Dünger entweder mit Erde, oder mit irgend welchen Pflanzen oder Pflanzentheilen bedeckt hält. Wo eine wirkliche Bedachung angelegt ist, hält dieselbe das Regenwasser vollständig ab; da sie aber die austrocknende Zugluft wohl nur in seltenen Fällen ebenso vollständig hindert, so wird der Dung unter der Bedachung während der Hitze des Sommers leicht zu sehr austrocknen, und muß alsdann sorgfältig bewässert werden.

Der Boden der Dunggrube wird, um jeden Verlust von Jauche zu vermeiden, entweder ausgepflastert, oder doch mit einer undurchlassenden Thon- oder Erdschicht belegt. Uebrigens ist der Verlust durch einen sandigen Boden, wenn derselbe nur recht feinkörnig ist, nicht so bedeutend, wie man gemeiniglich glaubt. Die obersten Schichten des Sandes färben sich schwarz, aber schon in einer Tiefe von nur einem halben Fuß ist der Sand völlig unverändert und man wird darin kaum noch Jauchetheile entdecken können. Die Flüssigkeit bleibt auf solchem Boden, den der abgesetzte Schlamm fast völlig undurchdringlich gemacht hat, stehen, und verschwindet nicht anders, als durch Verdampfen. Dies Beispiel zeigt übrigens, daß man auch in einem Sandboden, wenn er nur nicht ganz arm an Humus und nicht von grober Körnung ist, von dem Auswaschen und Auslaugen nicht so viel Verlust zu befürchten hat, als durch die Verflüchtigung in die Atmosphäre.

Wenn die Bodenfläche der Dunggrube nicht gehörig geneigt ist, so daß die Jauche und das Wasser nicht vollständig in dem dafür bestimmten Behältniß sich ansammeln können, sondern sich über einen weiteren Raum verbreiten, so wird der zu unterst gelagerte älteste Dünger, wegen zu großer Nässe am wenigsten zersetzt sein; das Stroh hat in solchen Fällen oft noch sein frisches Aussehen und seinen Zusammenhang vollständig bewahrt. Erst oberhalb dieser Schicht findet sich alsdann der am meisten zergangene Dung.

Das Gewicht des Düngers nimmt mit der fortschreitenden Zersetzung ab, und es kann selbst in der Dunggrube bis auf die Hälfte und noch darunter sinken. Der Verlust besteht bei zweckmäßiger Behandlung fast nur allein aus Wasser und Kohlensäure; Ammoniak insbesondere wird sich nur in geringer Menge verflüchtigen. Wenn die stickstoffhaltigen organischen Substanzen verwesen, so bildet sich überhaupt nicht gleich anfangs Ammoniak, sondern es entstehen zunächst kohlenstoffreichere stickstoffhaltende Verbindungen (stickstoffhaltende

Humuskörper, wenn man so sagen darf). Erst wenn die Zersetzung erheblich weiter vorgeschritten ist, wird kohlensaures Ammoniak gebildet; aber auch dieses wird aus dem Düngerhaufen nicht sofort verflüchtigt, sondern wird, bei dem großen Ueberschuß der stickstofffreien Substanzen, von den gleichzeitig gebildeten Humuskörpern auf die früher beschriebene Weise gebunden. Ein anderer Antheil Ammoniak wird dadurch, daß er eine Verbindung mit den phosphorsauren Salzen (phosphorsaure Ammoniak-Magnesia) eingeht, fixirt. Erst wenn die Zersetzung der Masse so weit vorgeschritten ist, daß die bindenden Humuskörper zerstört worden sind, wird Ammoniak verflüchtigt. Damit nun während der Zersetzung das gebildete kohlensaure Ammoniak überall sofort mit absorbirenden und bindenden Substanzen in Berührung komme, ist eben die sorgfältigste Vermischung der Excremente mit der Einstreu, und auch die feste Lagerung des Düngers (neben deren anderweitigen Wirkungen) von der größten Bedeutung. Daß sich bei rationeller Behandlung des Düngers höchstens nur kleine Quantitäten von freiem, ungebundenem Aetzammoniak oder kohlensaurem Ammoniak in demselben vorfinden, geht schon daraus hervor, daß auch im Innern der Haufen kein deutlicher Geruch nach Ammoniak wahrzunehmen ist; die Nase aber ist ein sehr empfindliches Reagenz auf freies Ammoniak. Da also von dem Dünger während seiner Gährung, wenn dieselbe nicht zu weit vorgeschritten, keine Nahrungsmittel, mit Ausnahme der Kohlensäure (welche unberücksichtigt bleiben kann) verloren gehen, so ist es klar, daß der zergangene Dünger *verhältnißmäßig* weit reicher an düngenden Stoffen ist, als der frische. Wenn das Gewicht von 100 auf 50 geschwunden ist, so sind die 50 Theile jetzt ebenso reich an nährenden Stoffen, wie früher die 100. Es versteht sich daher von selbst, daß, wenn es sich um eine gleichmäßige Zufuhr handelt, von dem frischen Dung doppelt so viel auf dieselbe Fläche Landes gebracht werden muß, als von dem zergangenen.

Was nun die Frage betrifft, ob der Dünger im *frischen*, oder im mehr oder weniger *zersetzten* Zustande vortheilhafter angewendet wird, so läßt sich darauf, wie auf so viele landwirthschaftliche Fragen, keine *allgemein* gültige Antwort geben. Wodurch unterscheidet sich der frische Dünger vom zergangenen? 1. enthält er mehr Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, also mehr humusbildende Substanzen; 2. enthält er weit weniger Nahrungsmittel im *fertig gebil-*

deten, freien Zustande, als der letztere. In Betreff des erstgenannten Unterschiedes könnte man zunächst folgern, daß der frische Dünger für alle diejenigen Bodenarten vorzuziehen sein müsse, welche durch eine Zufuhr von Humus und humusbildenden Stoffen besonders verbessert werden; also vor allen für den leichten Sandboden und den humusarmen Lehm- und Thonboden. Ob das richtig ist, wird sich bald zeigen, wenn wir die auflockernde Wirkung des unzergangenen Strohdüngers mit berücksichtigen; denn diese ist in der That, und ganz besonders in Bezug auf die erstfolgende Frucht, von der größten Bedeutung. Die frischen Strohmassen, eine Menge kleiner Röhren darstellend, wirken außerordentlich auflockernd und dadurch austrocknend, und selbst nach ihrer Zersetzung wird sich dieser Einfluß noch durch die entstandenen Porengänge mindestens bis zur folgenden Beackerung erhalten. Der lange Dünger muß daher für jeden schweren und nassen Boden sehr wohlthätig wirken; auch abgesehen von der allmäligen Vermehrung des Humusgehaltes. Für den leichten und trockenen Boden ist er aber aus denselben Gründen schädlich, indem er ihre Hauptübel, die Lockerheit und den Mangel an Feuchtigkeit noch vermehrt. Derjenige Theil des frischen Düngers, welcher hier nahe an der Oberfläche liegen bleibt und austrocknet, entzieht sich der Zersetzung und kann somit den Pflanzen gar keine Nahrung liefern; der tiefer und feucht liegende dagegen zerfällt, aber die entwickelten flüchtigen Zersetzungsprodukte, namentlich das Ammoniak, werden durch die aufgelockerte Bedeckung leichter entweichen. Aus diesen Gründen schon ist der lange Dung für leichten und trockenen Boden ganz verwerflich; die günstige Wirkung des etwa vermehrten Humusgehaltes wird dadurch vollständig aufgehoben. Eine solche Vermehrung findet aber auch wahrscheinlich gar nicht statt, denn durch die vergrößerte Lockerung kann ebensoviel Humus im Boden vollständig aufgelöst und verflüchtigt werden, als der frische Dung durch seinen größeren Gehalt an humusbildenden Verbindungen hineinbringt.

Der Mangel an fertig gebildeten Nahrungsmitteln im frischen Dünger ist nicht minder zu berücksichtigen. Die nährende Wirkung des Düngers steht natürlich jederzeit im Verhältniß zu seinem Gehalt an disponiblen Nahrungsmitteln. Und von einem Dünger, welcher 5 Proc. davon enthält, leisten 1000 Pfd. zunächst keine größere Wirkung, als von einem anderen, der 25 Proc. fertiger und löslicher Nahrungs-

mittel enthält, 200 Pfd. leisten (d. h. natürlich nur so lange, als dies Verhältniß zwischen ihren assimilirbaren Nahrungsmitteln dasselbe bleibt). Kommt es also darauf an, der erstfolgenden Frucht eine größere Quantität von assimilirbaren Nahrungsmitteln zu liefern, so hat der zerfallene Dünger den Vorzug vor dem frischen. Die Summe der von beiden bis zu ihrer völligen Zersetzung gelieferten Nahrungsmittel ist natürlich ganz gleich, aber es ist auch, wie man leicht einsieht, auf die Zeit Rücksicht zu nehmen, innerhalb welcher dieselben disponibel werden. — Eine Quantität Holz entwickelt durch seine Verbrennung beim freien Zutritt der Luft immer dieselbe Summe von Wärme, mag es mit einem Male, oder nach und nach verbrannt werden; aber während es, mit einem Male in dem Ofen verbrannt, das Zimmer hinreichend erwärmt, wird es nach und nach, stückweise angezündet, kaum eine bemerkbare Wirkung haben. Um einen Effect hervorzubringen, ist eine Kraft, welche eine Secunde lang mit 1000 Pfd. wirkt, häufig mehr werth, als eine andere, welche 10 Secunden, oder selbst eine Stunde lang mit 100 oder 500 Pfd. wirkt. Ein Maß Spiritus thut, mit einem Male genossen, eine andere Wirkung, als allmälig, oder mit dem vielfachen seines Gewichts Wasser verdünnt. — Wenn einem armen Boden eine Quantität frischen Düngers zugeführt wird, so kann die während der Vegetationsperiode entbundene Menge von disponibelen Nahrungsmitteln die Concentration der Bodenlösung so wenig erhöhen, daß die Wirkung des Düngers kaum wahrzunehmen ist, während dieselbe Quantität Dünger im stark zergangenen Zustande eine üppige Vegetation zur Folge haben würde. Es ist ein bedeutender Unterschied, ob dieselbe Menge der Nahrungsmittel auf 1 oder auf 3 und 4 Jahre vertheilt wird. Die Wirkung kann in einem Jahre, die Summe des in 3 und 4 Jahren mehr producirten bei weitem übertreffen.

Der frische Dünger ist daher für solchen Boden anwendbar, welchem die Lockerung durch das unzergangene Stroh nützt, oder doch wenigstens nicht schadet, und welcher so reich an Nahrungsmitteln ist, daß er nur einen allmäligen und sich gleich bleibenden Zuschuß verlangt. Für den leichteren und ärmeren Boden ist der mehr zersetzte Dung, welcher womöglich erst mit der Saatfurche zu geben ist, zweckmäßiger. Die Zersetzung des Düngers zu weit in der Dunggrube fortschreiten zu lassen, ist aber überall mit Verlust verbunden. Wird

der das Ammoniak bindende Humus in Kohlensäure und Wasser aufgelöst, so muß das Ammoniak als flüchtiges kohlensaures Salz abgeschieden werden. Diese Zersetzung ist allerdings nothwendig, denn erst das kohlensaure Ammoniak ist für die Pflanzen assimilirbar, und auch die unverbrennlichen Salze müssen, um aufgenommen zu werden, von dem Humus getrennt worden sein; aber die Zersetzung darf erst in der Ackererde vorgehen, wo die Entweichung des Ammoniaks durch die Bedeckung, durch die Feuchtigkeit und die Verwandtschaft der Erden behindert ist.

Zusammenhängend mit der besprochenen Frage ist jene andere, ob es zweckentsprechender sei, die Düngung auf einmal für mehrere Saaten ausreichend zu geben, oder sie, für die einzelnen Früchte vertheilend, jedes Jahr zu wiederholen. Die erstere Methode ist jetzt noch die fast allgemein gebräuchliche; die letztere dagegen in neuerer Zeit von manchen Seiten als die allein rationelle gefordert worden. Es ist leicht einzusehen, daß auch hier allgemein gültige Vorschriften nicht gegeben werden können. Die Entscheidung der Frage ist abhängig von dem Düngungszustande, sowie der allgemeinen Beschaffenheit des Feldes, von dem Zersetzungsgrade des Düngers und von der Art der anzubauenden Feldfrüchte.

Der Stalldünger ist nur zum Theil fertig gebildete Pflanzennahrung; im ganz frischen Zustande enthält er sogar nur sehr geringe Quantitäten davon. Wenn man daher von dem Dünger nur so viel mit einem Male verwenden wollte, als nach der vollständigen Auflösung in Pflanzennahrung gerade hinreicht zur Erzeugung der folgenden Frucht, so würde diese, da der Dünger während der Vegetationszeit nur etwa zur Hälfte oder gar nur zum vierten Theile in disponibele Nahrungsstoffe übergeführt wird, offenbar Mangel leiden, wenn nicht die andere Hälfte oder die anderen drei Viertheile der erforderlichen Nahrungsmittel aus dem vorhandenen Dungcapital des Bodens geliefert werden können. Würde dagegen einem in guter Dungkraft stehenden Boden ein, für drei oder vier folgende Saaten ausreichendes Düngerquantum mit einem Male gegeben, und das vielleicht noch im stark zergangenen Zustande, so würden die Nahrungsmittel anfangs in überflüssiger Menge angehäuft werden, und einen doppelten Verlust veranlassen; erstens würde in nicht sehr bindigem Boden ein Theil des Ammoniaks verflüchtigt werden, und zweitens würde das Ueber-

maß der Nahrungsmittel schädlich auf die erste Saat einwirken, Lagerkorn erzeugen ꝛc.

Daraus folgt nun zunächst, daß die jährliche Vertheilung des Düngers, wenn es sich um einen frischen Stalldünger handelt nur zulässig und vortheilhaft ist auf einem in guter, alter Dungkraft stehenden Boden, und daß dieselbe auf ärmerem Boden um so eher angewendet werden darf, je weiter der Dung in seiner Zersetzung vorgeschritten ist.

Wo der Dünger für mehre Saaten mit einem Male zugeführt wird, da werden allerdings die ersten Früchte auf Kosten der folgenden bevorzugt, besonders wenn der Dung stark zersetzt ist, und zur Befürwortung der jährlichen Düngung könnte hervorgehoben werden, daß das, was bei Anwendung der anderen Methode an den ersten Saaten mehr gewonnen sein würde, nun bei der gleichmäßigen Vertheilung durch die nachfolgenden ersetzt wird. Dabei ist aber wohl zu berücksichtigen, 1. daß in sehr vielen Fällen dnrch den üppigen Stand der ersten Saaten derjenige der nachfolgenden bedingt wird; und 2. daß einzelne Früchte eine stärkere, concentrirtere Düngung verlangen, als die anderen. Bei solchen Verhältnissen erscheint es als natürlich begründet, daß man den Dünger für mehre Saaten ausreichend auf einmal giebt und die Früchte in der Reihenfolge, in welcher sie sich mit ihren Ansprüchen an die Düngung folgen, anbauet. Da aber in dem leichten Boden der Verlust an Dungstoffen fortdauert, und da derselbe ganz besonders durch die Beackerung vermehrt wird, so ist hier eine für mehre Jahre berechnete Düngung natürlich unvortheilhaft. Und auch für jeden anderen Boden wird eine übermäßige Dungzufuhr immer von Verlust begleitet sein; eine für drei Saaten ausreichende Düngung wird in den meisten Fällen das Maximalquantum darstellen.

Von der allergrößten Bedeutung ist die gleichmäßige Vertheilung des Düngers über, und demnächst in dem Ackerboden. Eine doppelte, ungleichmäßig vertheilte Düngung kann weniger Wirkung thun, als die einfache, aber mit der Ackererde vollständig vermischte. Wo der Dung in größeren und kleineren Klumpen untergebracht wird, da ist seine Zersetzung unregelmäßig und oft mit Verlust verbunden. Die nahe an der Oberfläche gelegenen Stücke bleiben als torfige Massen unzersetzt; die tiefer und feucht gelegenen können sich sehr rasch zersetzen, und die angehäuften Zersetzungsprodukte werden weder vor der Verflüchtigung noch vor dem Fortwaschen in dem Maße

bewahrt werden, als dies bei der gleichförmigen Vermischung mit Erde der Fall ist. Wo aber auch ein solcher Verlust nicht stattfindet, da bleiben die Nahrungsmittel doch für längere Zeit truppweise im Boden vertheilt; denn die Diffusion der Flüssigkeit ist darin sehr behindert; besonders in der Richtung gegen die Strömung, welche durch die Abdunstung der Pflanzen veranlaßt, zu den Wurzeln der einzelnen Pflanzen (oder deren Aesten) hinläuft. Die Ernährung kann so natürlich keine gleichförmige sein; die Wurzeln können sogar mitunter da, wo sie in eine Anhäufung der Nahrungsmittel eindringen, wegen zu starker Concentration derselben, absterben. Keinenfalls aber kann die möglichst vollständige, und besonders die möglichst schnelle Ausnutzung des Düngers bewirkt werden; denn ein Wurzelast kann aus einer Anhäufung von Nahrungsmitteln nicht immer so viel einführen, als bei deren gleichmäßigen Vertheilung die ganze Wurzelmasse aufzunehmen vermag.

Ganz besonders ist die gleichmäßige Ausbreitung des Düngers über die Oberfläche des leichten Bodens zu beachten; weil hier der Dung wo möglich mit der Saatfurche untergebracht werden muß, und daher im Boden durch keine folgende Beackerung weiter zertheilt werden kann; weil ferner hier ein Verlust durch Verflüchtigung am leichtesten eintreten kann; und weil endlich die Diffusion wegen des geringen Feuchtigkeitsgehaltes vorzugsweise gehemmt ist. Der leichte Boden verlangt nach dem früher gesagten gut zersetzten Dünger; dieser ballt immer noch leicht zu kleineren und größeren Klumpen zusammen; seine gleichmäßige Vermischung mit der Ackerkrume ist daher schwierig und jede Unregelmäßigkeit wegen des ohnehin schon beträchtlichen Verlustes sehr fühlbar. Deshalb ist es hier von ganz besonderer Wichtigkeit, einen Dünger zu verwenden, welcher durch reichliche Anwendung von Erdeinstreu leichter zerfallend und leichter vertheilbar geworden ist. Die Vermischung des Düngers mit vieler Erde führt zur Bereitung des sogenannten Compostdüngers. Die Vortheile desselben bestehen in zweierlei Punkten: erstens kann man bei Anwendung von humoser oder lehmiger Erde die Zersetzung des Düngers weiter wie gewöhnlich fortschreiten lassen, weil die freigewordenen Zersetzungsprodukte durch die Erde zurückgehalten werden; und zweitens ist die gleichmäßige Vertheilung desselben leichter zu erreichen. Beide Umstände machen die Verwendung des Compostes für den leichten

Boden besonders vortheilhaft; für den schwereren und reicheren Boden aber entbehrlicher. Der leichte Sandboden soll wegen seiner Armuth einen aufgeschlossenen Dünger haben; er soll denselben, um einen Verlust möglichst zu vermeiden, erst kurz vor der Einsaat bekommen. Der Benutzung des gewöhnlichen Stalldüngers stehen hier nun zwei Uebelstände entgegen: einmal ist dessen gleichförmige Vermischung durch die eine Saatfurche nicht zu erreichen, und zweitens muß die Saatfurche für den Winterroggen, der Hauptfrucht des Sandbodens, möglichst zeitig gegeben werden. Bei dem Compostdünger, und besonders bei demjenigen, welcher durch sehr reichliche Vermischung mit humoser (und lehmiger) Erde bereitet wurde, fallen jene Uebelstände fort. Derselbe kann sogar mit der Einsaat zugleich untergeegget, und auch, wo es vortheilhaft scheint, im Frühjahr über die Wintersaat ausgebreitet werden. Dabei muß aber sehr wohl berücksichtigt werden, daß die eingemengte Erde den Dünger verdünnt; daß wenn also 1 Fuder Dung mit 1 Fuder Erde vermischt wird, die gebildeten 2 Fuder nur so viel düngende Bestandtheile enthalten, als 1 Fuder des unvermischten Dung. Die Quantität der anzuwendenden Compostmasse ist darnach zu bemessen. Man muß sich hier durch die augenblickliche Wirkung nicht irre führen lassen; die 2 Fuder Compost werden allerdings in vielen Fällen, besonders für die erstfolgende Frucht, eine weit größere Wirkung ausüben, als das zu seiner Bereitung verwandte Fuder des unvermischten Düngers; aber nur deshalb, weil in ersteren eine größere Quantität disponibler Nahrungsmittel enthalten ist, und weil deren Ausnutzung durch die vollständigere Vertheilung schneller bewirkt wird, und in sofern von geringerem Verlust begleitet ist.

Die Benutzung von kohlensaurem Kalk, oder Mergel zur Compostbereitung kann nicht unbedingt empfohlen werden. Man hat zwar die dadurch erreichte günstige Wirkung einer Ueberführung des Ammoniaks in Salpetersäure und der hiermit bewerkstelligten Fixirung desselben zuzuschreiben gesucht; aber es ist noch keineswegs hinreichend bestimmt ermittelt, wie weit die Salpetersäurebildung unter solchen Umständen fortschreitet. Die größere Wirkung, welche man bei Anwendung von Kalk zur Compostbereitung beobachtet hat, beruht einfach darauf, daß der Kalk die Zersetzung außerordentlich befördert; dieselbe kann sehr leicht so weit getrieben werden, daß sie mit Verlust begleitet ist, und

dennoch zunächst eine größere Fruchtbarkeit zur Folge haben. Wenn 1 Theil Dung zu $\frac{3}{4}$ vollkommen zersetzt und in assimilirbare Nahrungsstoffe übergeführt wird, dabei aber $\frac{1}{4}$ von denselben verliert; so werden die übrig bleibenden $\frac{3}{4}$ Theile natürlich doch zunächst eine größere Wirkung haben als ein gleiches Quantum Dung, welches, ohne Verlust, nur zu $\frac{1}{4}$ oder zu $\frac{2}{8}$ zersetzt ist. Die größere Nachwirkung wird aber dafür auf Seiten des letzteren sein.

Die vollkommenste Mischung des Düngers mit der Ackererde wird jedenfalls erreicht, wenn derselbe in Wasser aufgelöst und aufgeschwemmt über den Boden gleichmäßig ausgegossen wird. Diese Methode wird erst in sehr geringer Ausdehnung angewandt; dennoch ist sie gewiß für manche Localitäten mit Vortheil ausführbar; und besonders da, wo der flüssige Dünger durch Röhrenleitungen dem Felde zugeführt werden kann. Vergleichende Vegetationsversuche über die Wirkung des, im festen und im flüssigen (in Wasser vertheilten) Zustande angewandten Düngers, würden über die Anwendbarkeit der in Rede stehenden Methode zuvörderst entscheiden müssen.

Ob der Stalldünger durch ein längeres Liegen auf der Oberfläche des Ackers einen Verlust erleidet oder nicht, ist eine Frage, mit deren Lösung sich die aufmerksamen Landwirthe schon sehr lange beschäftigt haben. Die Resultate ihrer Beobachtung stimmen fast sämmtlich darin überein, daß ein Verlust nicht stattfindet. Von Seiten einiger Chemiker ist jedoch in neuerer Zeit dem widersprochen worden, weil nach ihrer Ansicht dem der Luft ausgesetzten Dünger nothwendig ein Theil seines Ammoniaks entzogen werden müsse.

Der frische Dung enthält nur sehr geringe Quantitäten fertig gebildeten Ammoniaks. Wird derselbe sofort auf den Acker gebracht und gleichmäßig ausgebreitet, so trocknet er schnell aus, und kann daher nicht in Zersetzung übergehen, und also auch kein Ammoniak erzeugen. Der im Stalle, oder auf der Dungstätte auf rationelle Weise aufbewahrte Dünger enthält in seinem mäßig zersetzten Zustande zwar Ammoniak in größerer Menge, als der frische; dasselbe ist aber, wie wir früher gesehen haben, nicht frei und flüchtig, sondern gebunden. Wird dieser Dünger auf dem Felde ausgebreitet der Luft ausgesetzt, so kann er ebenfalls so lange kein Ammoniak verlieren, als er sich in demselben Zustande erhält. Und es fragt sich daher nur, ob er unter solchen Umständen in seiner Zersetzung fortschreitet oder nicht.

Daß dieſelbe ſehr behindert ſein muß, iſt ſchon früher auseinandergeſetzt worden, wo von dem ſofortigen Ausbreiten des friſch ausgegrabenen Moders die Rede war. Die zwei Hauptfactoren der Zerſetzung, die Wärme und Feuchtigkeit, ſind hier nicht in hinreichendem Maße mit einander vereint. Die Hitze des Tages hat ein Austrocknen zur Folge; und der nächtliche Thau oder der Regen erniedrigen die Temperatur, ſowohl direct, als indirect bei ihrer Verdunſtung. Der Regen wäſcht überdies die auflöslichen und abſchwemmbaren Beſtandtheile in den Boden hinein. Die Bedingungen für die Vermoderung ſind in der That nur in den unteren, dem Boden aufliegenden Schichten gegeben. Dieſe erhalten ſich durch die Bedeckung und den Schutz gegen Sonne und Wind feucht; dieſelben Verhältniſſe aber, welche hier die Verdunſtung des Waſſers verhindern, erſchweren auch diejenige des Ammoniaks, welches überdies noch von den erdigen und humoſen Beſtandtheilen des Bodens und des Düngers mit größerer oder geringerer Kraft zurückgehalten wird.

Ein erheblicher Verluſt an Ammoniak kann daher nur unter ſehr ungünſtigen Verhältniſſen ſtattfinden; unter Verhältniſſen, welche abwechſelnd die Zerſetzung ſtark befördern, und die Verdunſtung begünſtigen. Wie anhaltend heiße und trockene Witterung vorzugsweiſe verderblich wirken ſoll (eine ſehr gewöhnliche Annahme), iſt nicht abzuſehen. Das fertig gebildete freie und kohlenſaure Ammoniak iſt ſehr flüchtig, und würde ſchon in den erſten 24 Stunden nach der Ausbreitung des Düngers in die Luft übergegangen ſein; es würde alſo auch da, wo der Dung alsbald untergepflügt wird, verloren gehen. Denn das ſofortige Unterpflügen des Düngers, gleich nach der Abfuhr und Ausbreitung, iſt eine Forderung, welche ſich leichter ſtellen als ausführen läßt. Aber, wie geſagt, die Quantitäten des flüchtigen Ammoniaks ſind in dem friſchen Dünger ſowohl, als in dem unter zweckmäßigen Verhältniſſen zerſetzten, nur gering. Man wird bei der Ausbreitung des Düngers auf dem Felde, auch bei einer der Verdunſtung überaus günſtigen Witterung, nie einen Ammoniakgeruch wahrnehmen.

Ob die Gefahr des Verluſtes, wo überhaupt eine ſolche zu befürchten, bei einem mehr zergangenen Dünger größer iſt als bei einem friſchen, das iſt eine Frage, welche man im erſten Augenblicke unbedingt bejahend zu beantworten geneigt ſein wird; die aber dennoch bei näherer Prüfung entweder unentſchieden gelaſſen, oder auch in entgegengeſetztem

Sinne beantwortet werden muß. Wenn der frische Dünger an der freien Luft in Zersetzung übergeht, so betrifft dieselbe nur die stickstoffhaltigen Verbindungen, und vor allen anderen den Harnstoff des Urins, eine gleichzeitige Vermoderung, eine Humusbildung, wie sie in der Dunggrube vor sich geht, findet nicht statt, das gebildete Ammoniak kann daher nicht gebunden werden. Der Urin, nur kurze Zeit an der Luft stehend, entwickelt sofort einen stechenden Ammoniakgeruch; in der Dunggrube, wo derselbe mit den festen Excrementen und der Einstreu gleichmäßig gemischt ist, wird selbst nach längerer Zeit kein derartiger Geruch zu entdecken sein. Die weitere Zersetzung (an der freien Luft) des schon in der Dunggrube vermoderten Düngers ist eine ganz andere; der Harnstoff und die übrigen leicht zerfallenden stickstoffhaltigen Verbindungen sind schon zersetzt, und ihre Zersetzungsprodukte gleichmäßig mit der großen Menge der daneben gebildeten humosen Substanzen vermischt. Daß übrigens von einem sehr stark zersetzten Dünger, besonders wenn derselbe nur mit geringen Mengen von Streumaterial vermischt worden war, ein Verlust an, unter solchen Umständen wirklich vorhandenem, kohlensaurem Ammoniak, bei der Ausbreitung stattfinden muß, braucht wohl kaum noch erwähnt zu werden.

Wie empfindlich die Vegetation auch eine nur geringe Zufuhr von Ammoniak anzeigt, ist allgemein bekannt. Wenn das Wachsthum der Pflanzen daher auf derjenigen Oberfläche, über welcher der Dünger längere Zeit ausgebreitet gelegen hatte, in Nichts unterschieden ist von der Vegetation des angrenzenden Bodens, auf welchem der Dünger bald nach der Ausbreitung untergepflügt wurde; so sollte man meinen, daß eben durch diese Beobachtung der beste Beweis dafür geliefert sei, daß von dem der Luft ausgesetzten Dünger kein Ammoniak verflüchtigt wurde. Häufig ist sogar durch das Obenaufliegen des Düngers eine bessere Ernte erzielt, als durch das sofortige Unterbringen. Diese Beobachtungen lassen jedoch eine Täuschung zu, auf welche wir hier gleich aufmerksam machen wollen. Während der Zeit nämlich, in welcher der Dünger ausgebreitet auf der Oberfläche des Bodens liegt, wirkt er durch die Bedeckung und Beschattung in der theilweise schon früher besprochenen und späterhin noch weitläufiger zu besprechenden Weise auf die Beschaffenheit der darunterliegenden Ackererde ein: er befördert deren Zersetzung, welche sich schon durch die hervortretende Lockerung deutlich anzeigt. Durch die Zersetzung werden aber bekanntlich aus

den Bestandtheilen des Bodens auflösliche Nahrungsmittel, und unter diesen auch gewisse Quantitäten von Ammoniak, gebildet. Wenn daher auch von dem auf der Oberfläche des Ackers liegenden Dünger ein Theil Ammoniak verflüchtigt wird, so kann dasselbe durch die beförderte Zersetzung aus dem Dungcapital des Bodens reichlich ersetzt werden. Rechnet man dazu die mechanische Auflockerung des Bodens, so wird man zugeben, daß es voreilig wäre, wenn man die durch das Obenaufliegen des Düngers erzielten günstigen Resultate ohne weiteres der besseren Conservirung desselben zuschreiben, oder die Nichtverflüchtigung von Ammoniak daraus beweisen wollte. Um sich über diese Verhältnisse besser zu unterrichten, wird es nothwendig sein, nicht allein das Wachsthum derjenigen Frucht, welche der Düngung unmittelbar folgt, sondern auch die Erträge aller nachfolgenden Saaten während der ganzen Rotation genau zu beachten.

In einigen Gegenden ist es gebräuchlich, die Kleestoppeln nach Aberntung des ersten Schnittes zu überdüngen; wodurch natürlich zuvörderst noch eine üppige Nachmaht erzielt wird. Unter dem Schatten des Klees kann der Dünger unmöglich vor der fortschreitenden Zersetzung bewahrt bleiben; und es fragt sich nun, ob die Verflüchtigung des freiwerdenden Ammoniaks ebenfalls durch den Schutz hinlänglich behindert, oder ob der in die Luft übergegangene Theil sofort von den Kleepflanzen aufgenommen und assimilirt wird. Durch den üppigen Kleewuchs wird dessen günstige Wirkung auf die Beschaffenheit des Bodens und auf die Nachfrucht (siehe den Abschnitt: über die Wechselwirthschaft) in hohem Grade befördert; eine Wirkung, welche unter den vorliegenden Verhältnissen durch die Düngerdecke noch besonders vermehrt wird. Daß hier die dem Klee folgende Frucht weit üppiger gedeihen muß, als wenn der Dünger erst nach Aberntung des zweiten Kleeschnittes aufgefahren und untergepflügt worden wäre, ist von vorne herein einleuchtend. Ob dadurch die folgenden Saaten durch einen starken Angriff des Dungcapitals der Ackererde etwa leiden, müssen fortgesetzte sorgfältige Beobachtungen lehren. Der vermehrte Ertrag der Klee-Ernte ist bei Abwägung dieser Verhältnisse mit seinem vollen Werthe in Anschlag zu bringen; und dabei zu berücksichtigen, daß der Klee seinen Stickstoffgehalt theilweise der Atmosphäre entzieht, und auch durch die vermehrten Thauniederschläge dem Boden Ammoniak aus der Luft zuführt.

Wenn der Dünger auf der Oberfläche des Bodens längere Zeit liegen bleiben soll, so ist seine möglichst vollkommene und gleichmäßige Ausbreitung ganz besonders erforderlich; da in der heißen Jahreszeit die einzelnen Partien ohnedies noch zu festen, schwer zertheilbaren Klumpen zusammentrocknen.

In größeren oder kleineren Haufen darf der Dünger unter allen Umständen nicht auf dem Felde liegen bleiben, weil auf diese Weise die Zersetzung stark begünstigt ist, die Verflüchtigung des frei gewordenen Ammoniaks aber nicht lange verhindert werden kann. Werden die Haufen mit Erde bedeckt, so schreitet die Zersetzung unter dieser Decke, wenn dieselbe nicht sehr dicht und undurchdringlich ist, dennoch rasch vor; die flüchtigen Zersetzungsprodukte können aber theilweise von der Erddecke zurückgehalten werden. Besser ist es aber jedenfalls, den Dünger in dünneren Lagen abwechselnd mit Erde aufzuschichten. Steht eine humusreiche Erde oder Moder zu Gebote, so wird der Erfolg eines derartigen Verfahrens ein sehr günstiger sein, und ganz besonders in den Fällen, wo ein aufgeschlossener, also durch die Masse der disponibelen Nahrungsstoffe schnell wirkender Dünger verlangt wird. Man muß sich hier aber immer wohl bewußt bleiben, daß die Hauptwirkung auf die erstfolgende Frucht fällt, daß, wie gesagt, ein Dünger, welcher zu $\frac{3}{4}$ in disponibele Nahrung zersetzt wurde, selbst wenn er dabei $\frac{1}{4}$ verloren hatte, dennoch anfangs eine stärkere Wirkung zeigen muß, als ein gleiches Quantum Dünger, welches, ohne einen Verlust erlitten zu haben, nur zu $\frac{1}{4}$ oder $\frac{3}{8}$ aufgeschlossen ist. —

Da die Zusammensetzung des Düngers abhängig ist von der Quantität und Qualität des Futters, so ist es klar, daß eine allgemeine Vergleichung des Werthes der von den verschiedenen Thieren gewonnenen Dünger nicht mit einiger Genauigkeit gegeben werden kann. Eine gleiche Quantität eines Futtermittels wird, verschiedenen Thieren gereicht, Düngermassen liefern, welche zwar nicht vollständig gleich zusammengesetzt sind, welche aber in Betreff der düngenden Substanzen nicht eben sehr bedeutend von einander abweichen werden, denn die Quantität der durch die Haut und Lunge von den verschiedenen Thieren abgegebenen Stoffe weicht nicht so sehr beträchtlich von einander ab, und der zur Gewichtsvermehrung des Körpers verwandte Theil wird in vielen Fällen auch ziemlich gleich sein. Eine Kuh, ein Schaf und ein Schwein können daher unter Umständen für ein be-

stimmtes Quantum gleichartigen Futters Dünger liefern, welche nach ihrer vollständigen Zersetzung gleiche, oder doch nur wenig abweichende Mengen von Pflanzennahrungsmitteln erzeugen. Der Werth eines Düngers wird aber nicht allein durch seine Elementaranalyse bestimmt. Gleiche Gewichte von Kuh-, Schaf- oder Schweinemist sind, selbst wenn sie alle nach der Zersetzung gleiche Verbindungen liefern, darum noch nicht in Betreff ihres düngenden Werthes einander gleich. Die Schnelligkeit, mit welcher die Zersetzung vor sich geht, ist offenbar von der größten Bedeutung, denn nur in dem Maße, als die Zersetzung fortschreitet, und durch dieselbe Nahrungsmittel gebildet werden, wirkt der Dünger. Der Schaf- und der Pferdedung zersetzen sich am schnellsten; sie wirken deshalb rasch und energisch, und man nennt sie hitzige Düngerarten. Der Schweine- und Rindviehdung zerfallen nicht so schnell; der letztere besonders ballt leicht zusammen und bildet torfige Massen, welche sich sehr lange unverändert im Boden erhalten können, und natürlich während dieser Zeit für die Ernährung der Pflanzen völlig gleichgültig sind. Es versteht sich von selbst, daß die Wirkung des sich langsam zersetzenden Düngers andauernder und gleichmäßiger sein muß, wie diejenige des schnell zerfallenden.

Der Schafmist wirkt noch deshalb besonders energisch, weil in ihm die festen und flüssigen Excremente vorzüglich vollständig mit einander gemengt sind. Der Schweinedung ist sehr wässeriger Natur, und ist überhaupt meist ziemlich arm an düngenden Substanzen, da die Schweine gewöhnlich nur schlechteres Futter bekommen, und bei ihrem verhältnißmäßig sehr schnell fortschreitenden Wachsthum, nicht unbedeutende Mengen davon im Körper zurückbehalten. Von der langsameren oder schnelleren Zersetzung abgesehen, ist im Allgemeinen derjenige Dünger der kräftigste, welcher von den am reichlichsten ernährten Thieren gefallen ist. Nach der Qualität und Quantität des Futters, nicht nach der Stückzahl der Thiere, und auch nicht einmal nach dem Gewichte, ist der gewonnene Dünger zu taxiren. Wenn man daher hört: „der Viehstand des Gutes muß erhöht werden, damit mehr Dünger producirt wird," so hat das nur einen Sinn, wenn unbenutzt bleibendes Futter vorhanden ist, oder wenn dabei die Ausdehnung des Futterbaues, oder auch die anderweitige Beschaffung von Futter, als selbstverständlich vorausgesetzt wird. Denn dadurch, daß die Quantität Futter, welche von 10 Stück Vieh verzehrt wurde, an

12 oder 15 Stück vertheilt wird, kann nicht mehr Dünger producirt werden; sondern es wird gerade umgekehrt weniger producirt werden, weil der Verlust durch die Ausathmung und Ausdünstung mit der Stückzahl der Thiere natürlich zunimmt. —

Alle Pflanzen (wenigstens die allergrößte Mehrzahl derselben) sind qualitativ aus denselben Elementarstoffen zusammengesetzt, welche aber quantitativ in den verschiedenen Pflanzen sehr verschieden gemischt sind. Alle höheren Pflanzen entstehen aus denselben Verbindungen der Elemente, d. h. sie bedürfen gleicher Nahrungsmittel, welche wir als Wasser, Kohlensäure, Ammoniak (Salpetersäure) und die Reihe der Aschenbestandtheile haben kennen lernen. Alle Pflanzen unterliegen unter günstigen Umständen dem Zersetzungsproceß, und zerfallen durch denselben schließlich der Hauptsache nach in völlig gleiche Verbindungen: nämlich in alle diejenigen Verbindungen, welche die Nahrungsmittel der Pflanzen darstellen. Daraus folgt unmittelbar, daß jede Pflanze durch ihre Zersetzung eine gewisse Quantität von Nahrungsmitteln für jede andere Pflanze liefert. Jede Pflanze und jeder Pflanzenstoff lassen sich daher als Dünger verwerthen; und zwar um so vortheilhafter, je rascher sie unter den gegebenen Verhältnissen der Zersetzung unterliegen, und je mehr sie in ihrer elementaren Zusammensetzung denjenigen Pflanzen gleichen, zu deren Erzeugung sie dienen sollen. Die Pflanzen des Ackerbaues zeichnen sich vor allen anderen durch einen hohen Gehalt an Stickstoff und Phosphorsäure aus. Die als Dünger zu verwendenden Pflanzen werden daher vorzugsweise nach ihrem Gehalt an jenen beiden Stoffen, und nächst denselben an Kali zu beurtheilen sein.

Es kommt seltener vor, daß Pflanzen oder deren Theile direct, d. h. unvermischt, als Dünger gebraucht werden; sie werden statt dessen zur Einstreu in die Viehställe, und überhaupt zur Vermischung mit den thierischen Excrementen benutzt. Neben ihrer Zusammensetzung kommt es hier darauf an, in wie weit sie zur Auffaugung und Vertheilung der Excremente geschickt sind, und wie schnell sie zerfallen. Das gebräuchlichste und zugleich das passendste Streumaterial ist das Stroh der Getreidearten. 100 Theile Stroh mischen, als Streu benutzt, dem Dünger eine Quantität von Dungstoffen bei, welche, wenn jeder Verlust bei der Zersetzung vollständig vermieden werden könnte, gerade ausreichen würde, um 100 Theile desselben Strohes wieder zu erzeu-

gen. Das Stroh liefert, als Streu benutzt, mehr Dünger, als wenn es verfüttert wird; denn bei dem Durchgange durch den Thierkörper ist, wie wir gesehen haben, ein größerer Verlust nicht zu vermeiden.

Die Zusammensetzung der Asche der verschiedenen Stroharten ist früher angegeben worden; es möge hier diejenige der Aschen einiger als Streu häufiger benutzter Pflanzen und Pflanzentheile folgen.

	Buchenlaub.	Kiefern-Reisholz mit Nadeln.	Moos aus Kiefernwäldern.	Binse. Scirpus lacustris.	Schilf. Typha augustifolio.	Rohr. Arundo phragmitis.	Stratiotes aloides.	Nymphaea lutea.
Kali	5,10	14,06	12,46	9,69	14,81	8,63	30,82	17,91
Natron	1,11	1,83	3,84	4,99	.	.	1,21	.
Chlorkalium . .	.	.	.	.	16,82	.	.	4,88
Chlornatrium .	.	.	.	10,08	16,28	0,35	2,72	7,33
Kalk	37,71	38,11	29,50	6,98	21,94	5,88	10,73	30,00
Magnesia . . .	7,89	9,82	7,66	2,38	1,56	1,21	14,35	3,61
Eisenoxyd . . .	0,42	0,94	3,32	0,24	0,16	0,21	0,38	0,16
Manganoxyd. .	2,46	0,28	.	.	.	.	.	.
Schwefelsäure .	1,30	1,60	2,73	5,55	2,56	2,77	3,48	1,39
Chlor	0,22	0,06	1,92	.	.	.	.	.
Kieselerde . . .	28,47	5,07	22,67	46,56	0,62	71,51	1,81	1,16
Kohlensäure . .	10,55	17,13	4,97	7,93	21,01	6,56	30,37	28,26
Phosphorsäure .	4,82	11,09	11,24	4,84	3,88	1,99	2,87	4,65
	100,05	100,00	100,31	99,24	99,64	99,12	98,74	99,35
Aschengehalte in 100 Th. der trockenen Pfl.	.	.	.	8,05	9,58	4,69	17,19	10,15

Bei der Vergleichung sind die Aschenprocente, welche leider nicht bei allen Analysen angegeben sind, wohl zu beachten. Unter den Wasserpflanzen zeichnen sich Stratiotes aloïdes und Nymphaea durch den Gehalt an Phosphorsäure und Kali aus. Erstere enthält daneben eine große Quantität Magnesia, welche ihren Werth als Dungmaterial für manche Fälle vielleicht nicht unbedeutend erhöht; sie eignet sich übrigens weniger zur Einstreu, als zur Ueberdeckung der Dunghaufen. Der Stickstoffgehalt der genannten Pflanzen ist nicht genau bestimmt; wahrscheinlich ist er nicht hoch, und wird durchschnittlich nicht mehr als ein halbes Procent betragen. Die Nymphäen werden im getockneten Zustande zur Fütterung der Schafe und Ziegen benutzt; sie werden von dem Vieh sehr gern gefressen, und sollen auch, wie behauptet

wird, einen merklichen Nähreffect offenbaren. Daraus dürfte auf einen höheren Gehalt an Proteinsubstanzen geschlossen werden. Auch Stratiotes aloïdes wird zur Fütterung der Schweine verwandt.

Die Quantität des erforderlichen, oder des vortheilhaft aufzuwendenden Streumaterials läßt sich, auch mit Rücksicht auf die einzelnen Viehgattungen, nicht genau angeben. Sie hängt ab von der Masse der aufzusaugenden flüssigen Excremente und von der Art und Weise der Düngerbehandlung. Wo Streumaterialien im Ueberfluß vorhanden sind, und nicht auf andere Weise vortheilhafter ausgenutzt werden können, da wird ihre reichliche Verwendung auf die Güte des zu erzeugenden Düngers nur in dem Falle von schädlichen Folgen sein können, wo sie eine größere Trockenheit der Dungmassen, als zu ihrer allmälig und gleichmäßig fortschreitenden Zersetzung erfordert wird, erzeugt. Die künstliche Benetzung mit Wasser kann diesem Uebelstande jedoch leicht vorbeugen. —

In den folgenden Sätzen stellen wir die den Stalldünger betreffenden hauptsächlichsten Punkte in gedrängter Kürze zusammen.

1. Die festen und flüssigen Excremente zusammengenommen sind anzusehen als die halb zersetzte und noch in Zersetzung begriffene Substanz der verzehrten Nahrungsmittel. Die elementare Zusammensetzung der gedachten Excremente ist im großen Ganzen gleich zu achten derjenigen des Futters, minus einer Quantität Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, die in Form von Kohlensäure, Wasser und Ammoniak durch Lunge und Haut ausgeschieden wurden. Auch die an der Luft verwesenden organischen Substanzen verlieren Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in Form von Kohlensäure und Wasser; auch sie verbinden dabei den Stickstoff zu kohlensaurem Ammoniak, welches entweicht, sobald die Bedingungen zu seiner Fixirung nicht vorhanden sind. Was aber die näheren Bestandtheile (die einzelnen chemischen Verbindungen) der Excremente und der an der Luft verwesenden Substanzen betrifft, so sind dieselben in beiden nicht einander ebenso gleich, sondern bieten schon der äußeren sinnlichen Wahrnehmung deutliche Verschiedenheiten dar. Die näheren Bestandtheile (welche nicht zu den Endprodukten der Zersetzung gehören) haben übrigens weder bei dem einen noch bei dem andern eine unmittelbare Bedeutung für die Ernährung der Gewächse: denn

2. Nur die Endprodukte der Zersetzung aller organischen Sub-

ſtanzen, die oft genannten Verbindungen, ſind die aſſimilirbaren Nahrungsmittel der Pflanzen. Harnſtoff, Harnſäure, Hippurſäure ꝛc. ſind keine Nahrungsmittel und haben nur dadurch eine Bedeutung für das Wachsthum der Pflanzen, daß ſie, ſich leicht zerſetzend, in Kohlenſäure und Ammoniak übergeführt werden. Die unmittelbare Wirkung jeglichen Düngers hängt daher einzig und allein von den zur Zeit in ihm gegenwärtigen vollſtändigen Zerſetzungsprodukten ab. Der Erfolg eines Düngers iſt alſo durchaus nicht allein nach der elementaren Zuſammenſetzung zu beſtimmen; er wird bedingt durch die Quantität der vorhandenen fertig gebildeten Nahrungsmittel und durch die Schnelligkeit, mit welcher die übrigen Verbindungen in ſolche übergeführt werden. Die Zeit, in welcher dies geſchieht, hängt ſowohl von der Beſchaffenheit der Verbindungen ſelbſt, als von den ſie umgebenden Verhältniſſen ab. Zergangener Dünger wirkt deshalb augenblicklicher und energiſcher, als der friſche, weil er mehr fertige Nahrungsmittel enthält, und die übrigen Beſtandtheile ſo weit in der Zerſetzung vorgeſchritten ſind, daß ſie den Endgliedern ihrer Umwandlung mehr oder weniger nahe gerückt ſind, d. h. mehr oder weniger raſch in die Nahrungsmittel übergehen.

3. Bei der zweckentſprechend geleiteten Zerſetzung des Düngers in den Ställen und auf der Dungſtätte gehen der Kohlenſtoff, Waſſerſtoff und Sauerſtoff theils in Waſſer und Kohlenſäure über, welche ſich verflüchtigen; theils aber in humusartige Verbindungen. Dieſe letzteren wirken bindend auf das gleichzeitig aus den ſtickſtoffhaltigen Subſtanzen entſtandene Ammoniak ein, und hindern auf ſolche Weiſe deſſen raſche Verflüchtigung. Werden die bindenden Humuskörper weiter zerſetzt, ſo wird natürlich das Ammoniak in Verbindung mit Kohlenſäure abgeſchieden, und geht, falls es nicht anderweitig daran gehindert iſt, in die Luft. Die Zerſetzung darf daher auf der Dungſtätte nur bis zu einem gewiſſen Punkte geführt werden; die Vollendung derſelben muß in dem Ackerboden ſelbſt vor ſich gehen, wo die frei gewordenen flüchtigen Nahrungsmittel von den Pflanzen aufgenommen werden, der Ueberſchuß aber von der bedeckenden und bindenden Ackererde zurückgehalten werden kann.

4. Iſt es wünſchenswerth, daß die Zerſetzung des Düngers ſchon auf dem Hofe ſo weit als möglich geführt werde, ſo hat man demſelben ſolche Subſtanzen beizumengen, welche das Ammoniak zu binden

vermögen; dazu gehören Dammerde, Torfkohle, Lehm, Schwefelsäure, Gyps ꝛc. Einen mit vielen erdigen Massen vermischten, und möglichst weit zersetzten Dünger nennt man Compostdünger; derselbe zeichnet sich aus durch den großen Gehalt an fertig gebildeten Nahrungsmitteln, durch deren gleichmäßige Vertheilung innerhalb seiner Masse; und durch seine leichte Vertheilbarkeit und Mischbarkeit mit der Ackerkrume. Das sind Eigenschaften, welche seine Verwendung in manchen Fällen (leichter Sandboden, Wiesen) ganz besonders vortheilhaft machen.

5. Von der möglichst vollkommenen Mischung des Düngers mit der Ackerkrume hängt seine gleichmäßige Zersetzung sowohl, als die Auflösung der gebildeten Nahrungsmittel in der Ackerflüssigkeit, mithin die Ausnutzung des Düngers überhaupt, in hohem Grade ab.

6. Die befruchtende Wirkung des Stalldüngers beschränkt sich nicht allein auf die directe Zufuhr von pflanzenbildenden Substanzen, sondern bezieht sich auch auf die die Ernährung der Gewächse vermittelnden Eigenschaften des Bodens. Er vermehrt den Humusgehalt der Aecker und dadurch alle die früher besprochenen günstigen Eigenschaften. Er lockert den Boden, theils durch die eigene voluminöse Masse, theils durch die während seiner Zersetzung sich entbindenden Gasarten. Er erwärmt den Boden direct und indirect; direct durch die Wärme, welche bei seiner Oxydation, und Umsetzung seiner Hauptbestandtheile überhaupt, frei wird; indirect durch die Verringerung des Feuchtigkeitsgehaltes, welche eine nothwendige Folge der Auflockerung ist. Die Kohlensäure und das Ammoniak stellen assimilirbare Nahrungsmittel der Pflanzen dar, aber sie befördern daneben auch die Zersetzung der Bodenbestandtheile und vermitteln die Lösung der in reinem Wasser unlöslichen oder sehr schwer löslichen Nahrungsmittel, wie der kohlensauren und phosphorsauren Erden.

2. Die Poudrette.

Eine bedeutende Quantität landwirthschaftlicher Produkte fließt in den großen Städten zusammen. Von den darin angehäuften Bodenbestandtheilen geht ein beträchtlicher Theil in die menschlichen Excremente über, welche bisher in den meisten Fällen unbenutzt weggeworfen wurden. Erst in neuerer Zeit ist man endlich immer mehr aufmerksam geworden auf die enormen Massen von Pflanzennahrungsmitteln, welche

in solcher Weise den Aeckern für immer verloren gehen. Es sind allmälig auch schon in einigen der größten Städte Deutschlands ausgedehnte Fabrikanlagen entstanden, in denen die gesammelten menschlichen Excremente in eine conservirbare und versendbare Form gebracht werden. Sie erscheinen unter dem Namen Poudrette und Urat im Handel, und wir beginnen mit ihnen die Besprechung einer längeren Reihe von käuflichen Dungmaterialien, welche den Ackerbautreibenden jetzt neben dem Stalldünger zu Gebote stehen.

Die menschlichen Excremente unterscheiden sich, wie schon von vornherein einleuchtet, von den thierischen nur dadurch, daß sie in der Regel reicher sind an den selteneren Dungstoffen, an Stickstoff und Phosphorsäure, und zwar einfach deshalb, weil die von den Menschen verzehrten vegetabilischen sowohl als animalischen Nahrungsmittel an jenen Stoffen reicher sind, als diejenigen, auf welche unsere Haus- und Hofthiere angewiesen sind. Ueber die befruchtende Wirkung der nicht weiter verarbeiteten menschlichen Excremente braucht daher nicht mehr die Rede zu sein; sie ist derjenigen des Stalldüngers analog, aber aus doppelten Gründen auffallend schnell und energisch. Erstlich sind die Excremente, und besonders die flüssigen, verhältnißmäßig reich an den erwähnten werthvollen Stoffen, und zweitens zersetzen sie sich außerordentlich rasch, und gehen so in kurzer Zeit in eine große Quantität assimilirbarer Nahrungsmittel über.

Bei der Bereitung der Poudrette kommt es vor allen Dingen darauf an, daß von dem, sich während der schnell beginnenden und ebenso schnell fortschreitenden Zersetzung der Excremente entwickelnden, Ammoniak, oder dessen flüchtigen Verbindungen, keine erhebliche Quantität verloren geht. Diese Aufgabe kann nur dadurch gelöst werden, daß entweder die möglichst frischen Excremente schleunigst durch Anwendung von künstlicher Wärme zur Trockniß gebracht werden, oder daß der langsamer zu trocknenden Masse aufsaugende und Ammoniak bindende Substanzen beigemischt werden. Zu diesen gehören Schwefelsäure, Gyps, Eisenvitriol, Kohle, Torf, Torfkohle, überhaupt humose Stoffe und auch wohl getrockneter und pulverisirter Thon. Der stinkende Geruch der Excremente, welcher hauptsächlich von dem Schwefelwasserstoff oder Schwefelammonium herrührt, wird durch das schwefelsaure Eisenoxydul (Eisenvitriol) zerstört, indem das Eisen sich mit dem Schwefel zu unlöslichem und geruchlosem Schwefeleisen verbindet.

Der Werth der jetzt in den Handel gebrachten Poudrette ist außerordentlich verschieden; und dieser Umstand ist es besonders, welcher ihrer allgemeinen Verbreitung hindernd entgegentritt. Ihr Werth hängt natürlich ab von der chemischen Zusammensetzung, und diese wird wiederum bedingt durch die Natur der verarbeiteten Excremente selbst, durch die Art und Weise ihrer Behandlung, und durch die Qualität und Quantität der beigemischten absorbirenden Stoffe. Die Zusammensetzung der Excremente hängt wiederum ab von den Nahrungsmitteln: wer nur von Kartoffeln lebt, dessen Excremente werden, besonders in Betreff ihres Stickstoffgehaltes, weit hinter denjenigen zurückstehen, welche von Menschen gewonnen wurden, die reichlich mit Fleischspeisen sich nährten. In London bezahlen die Düngerfabrikanten deshalb die Latrine aus den Hôtels erster Klasse theurer, als diejenige der Hôtels zweiten und dritten Ranges. Wie die früher aufgeführten Analysen nachweisen, ist der Urin weit reicher an pflanzenernährenden Stoffen, als die festen Kothmassen. Der Werth des käuflichen Dungmaterials hängt mithin gar sehr von dem Verhältnisse ab, in welchem die festen und flüssigen Excremente darin verarbeitet sind.

Da, aus leicht begreiflichen Gründen, die Fabrikanten selbst es nicht in ihrer Macht haben, stets einen Dünger von gleicher Güte zu liefern, so wird der Consument nicht früher bei seinem Einkauf vor Schaden gesichert sein, als bis er die Analyse, oder doch wenigstens den Stickstoffgehalt der angebotenen Mischung kennt. Wo reichlich Stickstoff vorhanden, da kann man sicher voraussetzen, daß die übrigen, außerdem noch erforderlichen Verbindungen, namentlich die phosphorsauren Salze, in genügender Menge zugegen sind.

Wie wichtig übrigens die Auffammlung und Benutzung der menschlichen Excremente für den Ackerbau ist, geht daraus hervor, daß nach einer durchschnittlichen Berechnung jeder Mensch täglich etwa 1 Loth Stickstoff allein in dem Urin ausleert. Das macht monatlich also etwa 1 Pfd. und jährlich 12 Pfd. aus; eine Quantität, welche dem Stickstoffgehalte von 100 Pfd. guten Guanos ziemlich nahe kommt. In Betreff der im Urin enthaltenen großen Menge von phosphorsauren Salzen siehe die früher angeführten Analysen.

3. Der Guano.

Der Guano besteht aus den Excrementen von Seevögeln, welche vorzugsweise auf einigen Inseln Südamerikas, aber auch in Afrika und Australien in mächtigen, durch Jahrhunderte hindurch über einander abgelagerten Schichten aufgefunden worden sind. Je nachdem der Guano auf der Lagerstätte den Einflüssen der atmosphärischen Luft und der Gewässer ausgesetzt gewesen, oder unter einer schützenden Decke vor denselben geborgen lag, befindet er sich in einem Zustande der mehr oder weniger weit vorgeschrittenen Zersetzung. In Folge dessen ist er verschieden zusammengesetzt, und besonders ist das Verhältniß der verbrennlichen Verbindungen zu den unverbrennlichen Salzen schwankend, denn die organische Substanz wird bekanntlich allmälig in Form von Kohlensäure, Wasser und Ammoniak verflüchtigt. Es kommen daher Guanosorten in den Handel, welche sehr arm sind an verbrennlichen Verbindungen überhaupt, und an stickstoffhaltigen insbesondere, während andere wiederum ziemlich reich daran sind. Von den folgenden Analysen bezieht sich Nr. 1 auf einen braungelben Guano, dessen Ursprung nicht bekannt war; Nr. 2 auf einen peruanischen Guano.

	1.	2.
Salmiak	2,25	4,81
Harnsaures Ammoniak	12,20	10,70
Oxalsaures „	17,73	12,38
Phosphorsaures Ammoniak	6,90	19,25
Kohlensaures „	0,80	—
Humussaures „	1,06	—
Phosphorsaure Ammoniak-Magnesia	11,63	—
Phosphorsaurer Kalk	20,16	15,56
Oxalsaurer „	1,30	5,44
Kohlensaurer „	1,65	1,80
Chlornatrium	0,40	—
Schwefelsaures Kali	4,00	4,50
„ Natron	4,92	1,95
„ Ammoniak	—	3,36
Thon und Sand	1,68	1,59
Wachs- und harzähnliche Materie	0,75	—
Wasser	4,31	9,14
Unbestimmte organische Substanz	8,26	10,00
	100,00	100,00

Um zu zeigen, wie sehr das Verhältniß der verbrennlichen Bestandtheile, und namentlich der stickstoffhaltigen zu den unverbrennlichen schwankt, mögen die folgenden Elementaranalysen dienen.

	1.	2.
Stickstoff	12,56	0,74
Organische Stoffe	59,1	9,0
Kalisalze	2,9	—
Natronsalze	0,5	3,6
Phosphorsaure Erden	26,0	60,0
Gyps	—	5,4
	101,1	78,7

Die besten Sorten des im Handel vorkommenden peruanischen Guanos enthalten etwa 15 Proc. Stickstoff, 25 bis 30 Proc. phosphorsaure Erden und einige Procente an Alkalisalzen. Der Gehalt an Magnesia beträgt nur etwa $\frac{1}{2}$ bis 1 Proc. Die Quantität des freien, oder doch wenigstens bei der Temperatur des kochenden Wassers sich verflüchtigenden Ammoniaks beträgt im guten Guano ebenfalls kaum 1 Proc.

Die wesentlichen Bestandtheile des Guanos sind also das Ammoniak und die Phosphorsäure; mithin gerade diejenigen Nahrungsmittel der Pflanzen, von welchen wir gesehen haben, daß sie ursprünglich in den Aeckern nur in einer sehr geringen Menge vorhanden waren, und auch denselben während der Cultur durch die Düngung in verhältnißmäßig geringerer Quantität zugeführt werden, als die übrigen Nahrungsmittel. Von diesen letztgenannten besitzen daher die Aecker zu allermeist einen bedeutenden Ueberschuß. Die Zufuhr von Ammoniak und Phosphorsäure muß für sie daher vollständig genügen, um ihre Fruchtbarkeit zu erhöhen. Der Guano wirkt als ein vollständiges Düngungsmittel für diejenigen Ländereien, welche außer dem Ammoniak und der Phosphorsäure alle übrigen Nahrungsmittel im Ueberschuß besitzen; aber auch nur so lange, als dieser Ueberschuß vorhält. Wie lange dieser vorhält, kann natürlich im Allgemeinen auch nicht einmal ungefähr angegeben werden: das hängt ab von dem ursprünglichen Reichthum der Aecker, von ihrer Abgabe und dem Ersatz, welcher ihnen während der Bewirthschaftung zukam. Es giebt auch in Deutschland Landgüter, welche schon 15 bis 20 Jahre lang keinen Stalldünger mehr erhalten haben und nur durch alleinige Zufuhr

von Guano und Knochenmehl in ihrer Ertragsfähigkeit vollkommen erhalten worden sind. Daraus geht hervor, daß jene Güter einen nicht unbedeutenden Vorrath an Kali- und Magnesiasalzen ꝛc. gehabt haben und vielleicht noch jetzt behalten haben; einen Vorrath, welcher sich in gleicher Quantität vielleicht nicht überall finden wird. Daß die durch die Analyse der Ackererden gefundenen Mengen in dieser Beziehung nicht im Voraus entscheiden können, darauf ist schon früher hingewiesen worden. Der Kaligehalt z. B., welchen die Analyse der meisten Aecker aufweist, ist allerdings so groß, daß er der Quantität, welche in einer hundert und tausendfältigen Ernte dem Boden entzogen wird, gleichkommt; daraus folgt aber durchaus noch nicht, daß er nun auch hinreicht zur Erzeugung einer so großen Reihe von Ernten. Denn einmal giebt die Analyse, wie gesagt, keinen Aufschluß über den Theil der Kalisalze, welche unter den im Boden obwaltenden Verhältnissen in assimilirbarer Form in der Bodenlösung vorhanden sind, und mit der Zeit andauernd in dieselbe übergehen; und zweitens haben wir gesehen, daß ein nicht unbedeutendes Capital von gelösten Nahrungsmitteln im Boden verbleiben muß, daß dieses demselben überhaupt nur bis zu einem gewissen Punkte durch die Pflanzen entzogen werden kann, und daß endlich die Productionsfähigkeit der Aecker schon lange vorher zu sinken beginnt, ehe dieser niedrigste Punkt erreicht worden ist.

In 1000 Pfund Roggen (Körner nebst Stroh) sind enthalten 9 Pfd. Stickstoff, $4\frac{1}{4}$ Phosphorsäure, $6\frac{1}{2}$ Kali, $1\frac{1}{2}$ Magnesia, 2 Kalkerde und 18 Kieselerde. 100 Pfd. guten peruanischen Guanos reichen daher mit ihrem *Stickstoffgehalte aus*, um 1500 Pfund Roggen (500 Pfd. Körner und 1000 Pfd. Stroh) zu produciren. An Phosphorsäure und Kalkerde bleibt alsdann noch ein ziemlich bedeutender Ueberschuß im Boden unbenutzt zurück; an Kali aber muß der Boden ungefähr 9, an Magnesia $1\frac{1}{2}$ und an Kieselsäure 27 Pfd. *zuschießen*.

Wenn nun, kann man weiter fragen, bei der fortgesetzten alleinigen Guanodüngung diese letztgenannten Salze, welche der Boden zuschießen muß, von dem Zeitpunkte an, wo sie zu mangeln beginnen sollten, durch anderweitige Mittel, z. B. durch Asche ersetzt werden, kann dann auf solche Weise der Boden in seiner Ertragsfähigkeit vollständig erhalten werden? *Kann*, mit anderen Worten, *der Stalldünger durch andere Mischungen in allen Beziehungen vollkommen ersetzt werden*? Bei der Beantwortung dieser häufig auf-

geworfenen und häufig erörterten Frage haben wir natürlich zunächst zu untersuchen, ob und welcher Unterschied in der Zusammensetzung solcher käuflichen Mischungen, wie Guano und Asche, und des Stalldüngers besteht. Beide enthalten die unverbrennlichen Nahrungsmittel der Pflanzen in hinreichender Menge, beide enthalten in gleicher Weise Ammoniak oder ammoniakbildende Substanzen. Für die Pflanzen ist es nun offenbar völlig gleichgültig, ob das Ammoniak, welches sie zu ihrer Entwickelung bedürfen, aus zersetzten Excrementen unserer Hausthiere, oder denjenigen exotischer Seevögel, ob es aus den Destillationsprodukten der Steinkohlen, oder denjenigen wollener Lumpen, Hornspänen ꝛc. herstammt. Nicht minder gleichgültig ist für sie der Ursprung der übrigen Nahrungsmittel. Ein künstliches Gemenge also, welches dieselben Bestandtheile enthält, wie der Stalldünger, oder welches doch wenigstens dieselben Pflanzennahrungsmittel aus sich heraus in derselben Zeit entwickelt, wie dieser, ist ihm ohne allen und jeglichen Zweifel, als düngende, pflanzenernährende Substanz ganz und gar gleich zu achten. Im Uebrigen aber zeichnet sich der Stalldünger vor allen sogenannten künstlichen Düngungsmitteln durch seine voluminöse Beschaffenheit und durch die Masse seiner humusbildenden Bestandtheile aus. Ueberall, wo daher eine durch die voluminöse, humusbildende Masse des Stalldüngers hervorgebrachte Lockerung des Bodens, wo die Substanz des daraus gebildeten Humus selbst, von bedeutendem Nutzen ist; überall da wird der Stalldünger durch eine an humusbildenden Materien arme Düngermischung, wenn sie im übrigen auch eine gleiche Quantität von Nahrungsmitteln, wie jener enthält, in seiner befruchtenden und namentlich in seiner meliorirenden Wirkung auf die Dauer nicht vollständig zu ersetzen sein. In solchen Fällen aber, wo es nicht auf eine mechanische Lockerung, sondern nur auf die Eigenschaften des Humus, und besonders auf dessen düngerconservirende Eigenschaft ankommt (die leichteren Bodenarten), da wird wenigstens durch einen vermehrten Aufwand des humusarmen Dungmaterials derselbe Grad der Ertragsfähigkeit erzielt und erhalten werden, als durch die gebräuchliche Stalldüngung. Und wo selbst die Zufuhr von Humus keinen sonderlichen Vortheil nach sich zieht, wo also entweder schon hinreichend Humus vorhanden, oder der Boden doch wenigstens lehmig oder feucht gelagert ist, da werden offenbar die käuflichen Düngungsmittel, wenn sie nur

ebenſoviel Nahrungsſtoffe enthalten und zuführen, als der Stalldünger, durch ihre alleinige Anwendung, dieſelben Erträge liefern als der letztere. Die käuflichen und ſogenannten künſtlichen Düngungsmittel machen alſo für viele Bodenarten den Stalldünger vollkommen entbehrlich, inſofern wir durch ihre Anwendung, durch ihre alleinige dauernde Anwendung, dieſelben Ernte-Erträge erzielen als durch die gebräuchliche Düngung mit Stallmiſt. Ja wir können ſogar durch die erſtgenannten Düngungsmittel dem Boden höhere Erträge abgewinnen, als durch die laufende Stallmiſtdüngung; denn das Quantum des Stalldüngers iſt ein gegebenes, während dasjenige der käuflichen Düngungsmittel beliebig vermehrt werden kann. Ganz vollſtändig, in allen Beziehungen erſetzen (d. h. dergeſtalt erſetzen, daß der Boden ganz dieſelbe Zuſammenſetzung aufweiſt) können die künſtlichen Düngungsmittel den Stallmiſt nicht, weil ſie nicht die Maſſe der humusbildenden Subſtanzen enthalten, wie letzterer. Wo die Humuszufuhr aber keine Bedeutung hat, oder wo dieſelbe durch vermehrte Nahrungsmittelzufuhr erſetzt werden kann, da vermögen wir dem Boden durch die käuflichen Düngungsmittel für immer dieſelben Erträge abzugewinnen, als durch den Stalldünger. Und inſofern können alſo die erſteren den letzteren vertreten und erſetzen.

Wenn den Aeckern der Stalldünger, und mit demſelben die Quantität der humusbildenden Verbindungen entzogen und durch andere Subſtanzen erſetzt wird, ſo werden ſie in den meiſten Fällen dennoch nicht ärmer an Humus, ſondern ſie können ſogar, wenn ſie etwas bindiger Natur ſind und ſomit die Zerſetzung und Auflöſung der humoſen Stoffe nur langſam fortſchreiten laſſen, noch daran bereichert werden, indem ſie durch die Wurzeln, Stoppeln, abgefallenen Blätter der geernteten Pflanzen, durch die Unkräuter ꝛc. mehr humusbildende Subſtanzen wiedererhalten, als während der Cultur aufgelöſt und verflüchtigt wurden. Es giebt aber auch Aecker, welche ſo leicht ſind und die Zerſetzung ihrer organiſchen Verbindungen ſo wenig behindern, daß ſie, nur mit den humusarmen und ſogar humusfreien künſtlichen Düngungsmitteln gedüngt, unfehlbar von Jahr zu Jahr ärmer an Humus werden und dadurch eine fortdauernde Demelioration erfahren müſſen. Will man Aecker der letztgenannten Art allein mit käuflichen Düngungsmitteln düngen, oder will man überhaupt, auch für die übrigen Bodenarten, den Stalldünger in allen Beziehungen möglichſt

vollständig erſetzen: ſo hat man neben den humusfreien Düngungsmitteln Humus oder humusbildende Subſtanzen anderweitig zuzuführen. Das kann nun entweder durch Moderzufuhr geſchehen, oder durch eine in beſtimmten Zwiſchenräumen zu wiederholende Gründüngung, über welche letztere weiterhin ausführlicher geſprochen werden ſoll. Durch die Anwendung ſolcher Mittel wird man auch die leichten Bodenarten bei der alleinigen Düngung mit den käuflichen Miſchungen nicht nur auf der Höhe ihrer Ertragsfähigkeit andauernd erhalten, ſondern dieſelbe ſogar noch bedeutend ſteigern können.

Auf nicht zu loſen und zu trockenen Bodenarten wird man daher durch die alleinige Verwendung des Guanos, oder überhaupt ſolcher Düngungsmittel, welche im Weſentlichen nur aus Stickſtoff und Phosphorſäure zuſammengeſetzt ſind, längere Zeit hindurch ſich gleich bleibende oder ſich ſogar noch ſteigernde Erträge erzielen können. Und wenn dieſelben ſpäter aus Mangel an Alkalien, Magneſia, oder an den übrigen Pflanzen-Nahrungsmitteln, abzunehmen beginnen, ſo wird die Zufuhr auch dieſer Stoffe (neben dem Guano) in Form von Aſche ꝛc. genügen, um die Ertragsfähigkeit der betreffenden Aecker für ewige Zeiten zu erhalten. Bodenarten aber, welche ſo loſe und locker ſind, daß ſie bei einer ſolchen Cultur fortdauernd von ihrem Humusgehalte verlieren, bedürfen, um bei ihrer Fruchtbarkeit verharren zu können, des Ställdüngers, oder neben den käuflichen Düngungsmitteln einer anderweitigen Zufuhr von Humus oder humusbildenden Subſtanzen; es ſei denn, daß ſie wie der Torf- und Moorboden überſchüſſige Quantitäten davon enthalten. Für ſchwere und naſſe Aecker handelt es ſich neben der Humusfrage noch darum, ob die lockernde Wirkung des Stallmiſtes anderweitig erſetzt werden kann. Die Analyſe des Bodens giebt uns, wie geſagt, für jetzt noch keinen Aufſchluß darüber, wie lange derſelbe durch Guano ꝛc. in Stellvertretung des Ställdüngers ohne Nachtheil bebaut werden darf. Es wird ſich jedoch jeder Landmann während der Cultur ſelbſt davon leicht unterrichten können. So lange der Guano eine ſich gleich bleibende Wirkung zeigt, ſind alle ihm fehlenden Nahrungsſtoffe im Boden hinreichend vorhanden; beginnt ſeine Wirkung nachzulaſſen, ſo wird man daneben eine Quantität Aſche verwenden, und wenn dieſe die Erträge wieder bis zur gewohnten Höhe ſteigert, ſo iſt das unter dieſen Umſtänden ein ziemlich ſicheres Zeichen, daß dem Boden die

nicht im Guano enthaltenen Nahrungsstoffe zu mangeln beginnen und von nun an regelmäßig ersetzt werden müssen. Auf Aeckern, welche nicht reich an Thon sind, und deshalb auch gewöhnlich keinen ursprünglichen Reichthum an Alkalien besitzen, und denen auch nicht durch Vermittelung großer fruchtbarer Wiesen während der vorangehenden Cultur ein bedeutender Vorrath von Alkalien einverleibt wurde, auf solchen Aeckern wird, namentlich wenn sie häufig Kartoffeln und Rüben, welche nicht auf dem Hofe verfüttert, sondern verkauft und ausgeführt werden, tragen müssen, der gedachte Zeitpunkt nicht gar lange auf sich warten lassen. Eine Abnahme des Humusgehaltes wird, wo dieselbe nicht schon von vorn herein als nothwendig erscheint, ebenfalls während der Cultur leicht erkannt werden können.

Wenn es nun auch nach dem Vorstehenden möglich ist, den Stalldünger durch andere Dungmittel in seiner befruchtenden Wirkung zu ersetzen, so wird doch dieser Ersatz, die vollständige Verdrängung des Stalldüngers durch die käuflichen Düngungsmittel, nur in sehr seltenen Fällen anwendbar sein, nämlich nur da, wo wegen der Nachbarschaft großer Städte die gewonnenen Futtermittel, das Stroh und Heu, vortheilhaft verkauft werden können, oder auch auf solchen Ackerstücken, wohin der Transport des Stalldüngers unthunlich oder doch wenigstens mit einem zu großen Kostenaufwand verbunden ist. Wo solche Verhältnisse nicht vorliegen, da giebt es für das Heu und Stroh keine andere vortheilhaftere Verwendung, als ihre Verfütterung mit dem Vieh, und für die producirten Excremente keine andere Benutzung, als zur Düngung der Felder. Wenn nun der gewonnene Stalldünger auch hinreicht, um die Fruchtbarkeit der Ländereien auf einer gleich bleibenden Stufe zu erhalten, ja wenn selbst die Verhältnisse so günstig sein sollten, daß die Fruchtbarkeit andauernd erhöht wird, so ist doch nur in sehr seltenen Fällen die Quantität des Stalldüngers so bedeutend und die vorhandene Düngungsstufe der Acker so groß, daß die Erträge nicht durch die gleichzeitige Zufuhr von käuflichen Düngungsmitteln sollten erheblich gesteigert werden können. Da aber die Ländereien während der Cultur mit dem Stalldünger den Stickstoff und die Phosphorsäure verhältnißmäßig in der geringsten Menge zugeführt bekommen, so hat neben dem Stalldünger in den meisten Fällen nur die Anwendung solcher käuflichen Düngungsmittel eine Bedeutung, welche vorzugsweise aus stickstoffhaltenden Verbindungen

und Phosphorsäure zusammengesetzt sind. Zu diesen gehört vor allen der Guano.

Die Verwendung des Guanos (und der übrigen ähnlich zusammengesetzten Düngungsmittel) neben dem producirten Stalldünger, und abwechselnd mit demselben, kann nicht eindringlich genug empfohlen werden. Welcher Fabrikant wollte nicht gerne so viel Rohprodukte ausarbeiten, als er mit Vortheil vermag! Der Werth des durch den Guano mehr producirten Ernteqnantums, minus die Kosten des Guanos, ist immer als reiner Gewinn anzuschlagen, weil die Aecker dabei durchaus nicht verschlechtert, sondern im Gegentheil noch verbessert werden. Denn den Stickstoff und die Phosphorsäure der mehr producirten Erntemasse liefert der Guano vollständig; die außerdem noch erforderten Nahrungsmittel führt der Stalldünger in überschüssiger Menge mit sich, und ihre Verwerthung ist eben nur durch die Zufuhr der erstgenannten Stoffe möglich. Da die Anwendung von Guano auch die Strohmasse der Ernte vergrößert, so wird dadurch auch die Quantität der humusbildenden Substanzen des Düngers, und somit auch der Humusgehalt der Aecker vermehrt, denn die letzteren geben bekanntlich zur Bildung jener Substanzen nur Wasser, die Luft aber den Kohlenstoff her. Die Düngung mit Guano muß auf solche Weise eine fortschreitende Melioration zur Folge haben. Die mannigfachen Vortheile, welche ein so schnell und kräftig wirkender, so leicht zu beschaffender und jederzeit anwendbarer Dünger, wie der Guano dem Ackerbau gewährt, liegen so klar zu Tage, daß ihre Aufzählung überflüssig sein würde. Nur darauf mag noch wiederholt aufmerksam gemacht werden, daß die Anwendung des Guanos, und auch der ähnlichen, weiterhin zu besprechenden Düngungsmittel, eine weit freiere Fruchtfolge und namentlich die Ausdehnung des Anbaues von Halmfrüchten auf Kosten des Futterpflanzenbaues gestattet.

Wir haben oben gesehen, daß der Guano, auch der beste, verhältnißmäßig mehr Phosphorsäure enthält, als Stickstoff; daß der letztere (natürlich wenn kein anderweitiger Zuschuß existirt) bei der Pflanzenproduction früher verbraucht ist, als die Phosphorsäure. Daraus und aus der Thatsache, daß in den meisten Aeckern dasselbe Verhältniß vorliegt, geht hervor, daß die Wirkung des Guanos im Allgemeinen, namentlich aber auf alle Pflanzen, welchen die Fähigkeit, ihren Bedarf an Stickstoff dem Ammoniak der Atmosphäre zu ent-

nehmen, abgeht, und welche auch dem Boden durch Vermittelung der wässerigen Niederschläge weniger Ammoniak zuführen, als sie umgekehrt aus dem Boden durch Abdunstung entweichen lassen, daß also mit einem Worte die befruchtende Wirkung des Guanos wenigstens für die Halmfrüchte im Verhältniß steht zu seinem Stickstoffgehalt, und gleichmäßig mit diesem zu- und abnimmt. Für gewisse andere Ackerbaupflanzen scheinen allerdings auch andere Bedürfnisse zu existiren. So hat man insbesondere aus Beobachtungen und Versuchen die Folgerung ziehen zu müssen geglaubt, daß die Rübenarten vorzugsweise durch eine reichliche Düngung mit Phosphorsäure in ihrer Entwickelung gefördert würden. Dieser Behauptung ist zwar andererseits widersprochen worden, und man glaubte dieselbe schon dadurch hinlänglich zu widerlegen, daß man auf den Phosphorsäuregehalt der Rübenarten hinwies, welcher auch nicht größer sei, als derjenige mancher anderen Pflanzen. Dieser Einwurf ist jedoch von gar keiner Bedeutung; wir haben schon früher auseinandergesetzt, daß wir aus der Analyse wohl auf die Menge der zur Bildung der Pflanzenmasse verbrauchten Nahrungstoffe schließen können, daß wir daraus aber keineswegs erfahren, wie viel von den einzelnen Nahrungsstoffen im Boden vorhanden sein mußte, um jene Masse entstehen zu lassen (vergl. S. 197 u. 266). Es ist sogar wohl möglich, daß Pflanzen, welche nur eine geringere Menge von Phosphorsäure assimiliren, dennoch in Betreff dieser Säure eine concentrirtere Nahrungsmittellösung zu ihrer Entwickelung verlangen, als andere, welche weit mehr davon zur Bildung ihrer Substanz verwenden. Aehnlich, wie wir wissen, daß einzelne Pflanzen einen größeren Vorrath von Kali oder von Chlornatrium im Boden verlangen, als andere, welche ebensoviel oder noch mehr, als sie davon assimiliren. Die Bedeutung, welche ein hoher Phosphorsäuregehalt des Bodens für die Rübencultur haben soll, bedarf allerdings noch weiterer Untersuchungen, um als feststehende Thatsache betrachtet werden zu können; aber die erwähnten Beobachtungen von vornherein für unrichtig und widersinnig zu erklären, dazu liegen durchaus gar keine Gründe vor. Daß aber für unsere Halmfrüchte der Ammoniakgehalt des Guanos in den bei weitem meisten Fällen vorzugsweise zu beachten ist, steht unzweifelhaft fest, und wenn man dem gewöhnlichen Guano noch Ammoniaksalze oder salpetersaure Salze zusetzen würde, so könnte das gewiß häufig von Vortheil sein und

eine vollkommenere Ausnutzung aller dem Boden zugeführten Dungstoffe zur Folge haben. —

Aus vielen vergleichenden Beobachtungen und Vegetationsversuchen, welche man in denjenigen Ländern, in welchen der Guano schon sehr häufig benutzt wird, angestellt hat, geht hervor, daß derselbe auf die folgende Frucht von einer solchen Wirkung ist, daß im Durchschnitt 1 Ctr. Guano gleich kommt 75 Ctr. gewöhnlichen Stalldüngers. Die Vergleichung der mitgetheilten Analysen lehrt nun, daß 75 Ctr. Stalldünger weit reicher sind an Dungstoffen, als 1 Ctr. Guano. Daß dennoch dieser letztere eine ebenso große Wirkung ausübt, wird durch folgende Umstände erklärt.

Erstens enthält der Guano verhältnißmäßig weit mehr aufgeschlossene Nahrung, d. h. solche Verbindungen, welche theils schon fertige Nahrungsmittel der Pflanzen sind, theils durch geringe Umsetzung ihrer Bestandtheile schnell in solche übergehen, und es kann somit 1 Ctr. Guano dem Boden leicht in einem Jahre mehr Pflanzennahrung zuführen, als 75 Ctr. Stalldung. Zweitens wird der Guano im fein gepulverten Zustande dem Boden einverleibt, und seine Auflösung und Vertheilung durch die Ackerflüssigkeit ist deshalb weit vollkommener und gleichmäßiger, als diejenige des Stalldüngers. Die Dungkraft des Guanos ist in Folge dessen aber auch zum größten Theile im ersten Jahre absorbirt, während diejenige des Stalldüngers selbstverständlich länger andauert. In keinem Falle könnte die Wirkung des Guanos weiter reichen, als seine Masse zugiebt, als das in ihm enthaltene pflanzenbildende Material ausreicht, d. h. aus 100 Pfd. Guano können nur etwa 1500 Pfd. Roggen (Stroh und Körner) gebildet werden. In der Wirklichkeit geht aber die Production nur sehr selten so weit, weil ein Theil des Ammoniaks, und zwar je nach den äußeren Verhältnissen ein größerer oder geringerer, ungenutzt verflüchtigt wird.

Was die Quantität betrifft, in welcher der Guano am vortheilhaftesten zur Düngung angewandt wird, so schwankt dieselbe von 75 bis 200 Pfund für den preußischen (Magdeburger) Morgen, je nachdem man eine halbe oder ganze Düngung zu geben hat, je nachdem der Acker arm oder reich ist und die zu bauenden Pflanzen wenig oder viel Dungkraft beanspruchen. Im Allgemeinen verwerthen sich die mittleren Quantitäten besser, als die großen,

und 100 Pfund mögen im Durchschnitt wohl das passendste Quantum sein.

Die stickstoffhaltigen Bestandtheile des Guanos existiren zu allermeist schon in Form von Ammoniak. Dieses ist zwar noch mit solchen Säuren in Verbindung, welche damit ein nicht leicht flüchtiges Salz ausmachen; aber sobald der Guano befeuchtet wird, oder noch schneller, sobald er in die feuchte Ackererde gelangt, beginnt seine Zersetzung dergestalt, daß die Ammoniaksalze theils durch Umsetzung ihrer eigenen Elementarbestandtheile, theils durch Doppelzersetzung mit Bestandtheilen des Bodens (oxalsaures Ammoniak z. B. zersetzt sich mit kohlensaurer Kalkerde in kohlensaures Ammoniak und oxalsaure Kalkerde) in kohlensaures Ammoniak und zum Theil auch in freies Ammoniak verwandelt werden. Dieser Umstaand bedingt die schnelle und energische Wirkung des Guanos, er bedingt aber auch zu gleicher Zeit die Gefahr eines erheblichen Verlustes bei seiner Anwendung. Folgt dem Ausstreuen des Guanos in die feuchte Ackererde anhaltende trockene Witterung, so wird ein beträchtlicher Theil des Ammoniaks verflüchtigt, und zwar um so mehr, je leichter der Boden ist, je weniger ammoniakbindende Bestandtheile (Thon, Humus) er enthält. Bei der Düngung mit Guano ist daher vor allen Dingen darauf zu achten, daß derselbe nicht lange unnütz im Boden liegt, sondern daß er wo möglich zu der Zeit angewandt wird, wo die Vegetation sich lebhaft entwickelt, wo mithin die meisten Nahrungsmittel verbraucht werden und wo die Verflüchtigung aus dem Boden durch die bedeckenden Pflanzen behindert ist. Das Wintergetreide wird man daher am vortheilhaftesten erst im Frühjahr, wenn die Vegetation energisch fortzuschreiten beginnt, mit dem Guano überstreuen (namentlich bei leichtem Boden), und nur, wenn der Boden so arm ist, daß die Bildung eines kräftigen Pflänzchens im Herbste unmöglich ist, mag die Unterbringung eines Theiles von dem zu verwendenden Guano zugleich mit der Saat gerechtfertigt sein. Daß das Ueberstreuen im Frühjahr nur bei regnigtem Wetter geschehen darf, versteht sich nach dem vorhin Angeführten von selbst. Die Wirkung wird unter solchen Umständen schon nach 8 bis 14 Tagen sehr deutlich sichtbar, und zwar zunächst an der dunkleren Färbung der grünen Pflanzentheile. Bei dem Sommergetreide, wo kein langer Zwischenraum zwischen der Einsaat und der beginnenden kräftigen Vegetationsperiode liegt, kann der Guano mit der Saat zugleich

untergebracht werden, besonders da dieselbe auch zumeist durch Unterpflügen höher mit Erde bedeckt wird.

Daß der Guano nur im sehr fein gepulverten Zustande angewendet werden sollte, bedarf wohl kaum noch der Erwähnung. Um ihn so gleichmäßig als möglich ausstreuen zu können, wird er zuvor mit 2 bis 3 Theilen Erde auf das vollkommenste gemischt.

Das freie, sowie das kohlensaure Ammoniak wirken schon bei einer nur geringen Concentration ihrer Lösungen zerstörend auf den jungen Pflanzenkeim ein. Der Guano darf deshalb nicht in größerer Menge mit dem Samenkorn in unmittelbare Berührung kommen. Nur bei den Kartoffeln pflegt man ihn ohne Schaden in die zur Aufnahme der Saat bestimmte Furche zu streuen, hat ihn aber auch hier mit einer hinreichenden Quantität Erde zu vermischen, und das Gemisch immer auf die Sohle der Furche, nicht über die schon gelegten Kartoffeln, zu streuen.

Unter dem Namen künstlicher Guano kommen sowohl die erwähnten Poudrette-Arten, als auch Präparate von Seefischen (Sprotten) in den Handel.

4. Das Knochenmehl.

Die Knochen der Thierkörper bestehen aus Leim, Fett, phosphorsaurer Kalkerde, kohlensaurer Kalkerde und einer geringen Menge von Fluorcalcium. Die beiden als Düngungsmittel in Betracht kommenden Hauptbestandtheile sind demnach ganz dieselben, wie diejenigen des Guanos, nämlich die stickstoffhaltige, ammoniakbildende Substanz (Leim) und die Phosphorsäure. Die Mischungsverhältnisse aber, in welchen diese Bestandtheile in den Knochen vorkommen, sind andere als beim guten Guano. 100 Th. frischer Knochen enthalten 5 bis 6 Procent Stickstoff und 24 Procent Phosphorsäure, mithin nur etwa den dritten Theil des im guten Guano vorhandenen Stickstoffs, dagegen aber die doppelte Quantität an Phosphorsäure. Das in den Handel gebrachte Knochenmehl ist nicht immer gleich zusammengesetzt; die Bereitungsmethode sowohl, als das verwendete Material (ob frisch oder alt), veranlassen hier sehr große Verschiedenheiten. Zur Vergleichung mögen die folgenden Analysen dienen.

	I.	II.	III.	IV.
Waſſer	10,80	5	5,26	14
Organiſche Subſtanz	14,66	33	31,92	28
worin Stickſtoff	—	5	—	4
Phosphorſaure Kalkerde	54,58	53	47,59	50
Kohlenſaure „	8,18	8	6,75	6,5
Sand ꝛc.	11,48	1	8,48	1,3

Der hohe Gehalt an Sand, Ziegelmehl ꝛc. in einigen Knochenmehlſorten iſt als eine abſichtliche, in betrüglicher Abſicht vorgenommene Verfälſchung anzuſehen.

Was im Allgemeinen über die Wirkungsart des Knochenmehls anzuführen, muß natürlich mit dem früher beim Guano Geſagten völlig übereinſtimmen. Wenn aber ſchon beim Guano für viele Fälle der Phosphorſäuregehalt im Verhältniß zum Stickſtoff als zu groß befunden werden mußte, ſo iſt dies beim Knochenmehl in noch weit höherem Maße der Fall, und die Beimiſchung, oder doch die gleichzeitige Verwendung, von ſehr ſtickſtoffreichen Subſtanzen (Ammoniakſalze, Chiliſalpeter) muß zu einer vollſtändigeren und vortheilhafteren Ausnutzung führen.

Es iſt darüber geſtritten worden, ob die Wirkung des Knochenmehls (und der übrigen aus Stickſtoff und Phosphorſäure zuſammengeſetzten Düngungsmittel) der ſtickſtoffhaltigen Subſtanz oder der Phosphorſäure zuzuſchreiben ſei, und von verſchiedenen Seiten iſt die Frage bald zu Gunſten der erſteren, bald zu Gunſten der letzteren beantwortet worden. Daß für die gewöhnlichen Verhältniſſe die Wahrheit hier in der Mitte liegt, daß die Wirkung des Knochenmehls aus der Summe der Wirkung der (zerſetzten) ſtickſtoffhaltigen Subſtanz und der Phosphorſäure beſteht, davon muß man ſich durch die bekannte und leicht zu conſtatirende Thatſache überzeugen, daß auf demſelben Boden, auf welchem Knochenmehl eine beſtimmte befruchtende Wirkung ausübt, auch die gebrannten Knochen, welche durchaus gar keine ammoniakbildende Beſtandtheile mehr enthalten, ebenfalls eine befruchtende Wirkung offenbaren; daß aber die Wirkung dieſer letzteren geringer iſt, als die des Knochenmehls, die der reinen Phosphorſäure alſo geringer, als die der Phosphorſäure plus Ammoniak. Die Berechnung, daß die meiſten Aecker hinreichend Phosphorſäure enthalten, und daß ſie das verbrauchte Quantum mehr als vollſtändig wieder

erſetzt bekommen, und daß die Menge der in der Knochendüngung dem Boden zugeführten Phosphorſäure im Vergleiche zu dem ſchon darin vorhandenen Quantum zu gering ſei, um aus derſelben irgend eine bedeutende Wirkung erklären zu können; eine ſolche Rechnungsweiſe iſt von keiner allgemeinen Bedeutung, ſie iſt in vielfacher Beziehung trügeriſch und wird eben am beſten durch die einfache Thatſache widerlegt, daß die Zufuhr von reiner phosphorſaurer Kalkerde die Fruchtbarkeit der Aecker erhöht. Das Phosphorſäurecapital des Bodens iſt nur in ſelteneren Fällen ausreichend zur Erzeugung der größtmöglichen Ernte; der vollſtändige Erſatz des dem Boden jährlich entzogenen Quantums findet nur da ſtatt, wo hinreichende Flächen von Wieſen, ohne mit Stalldünger gedüngt zu werden, einen guten Ertrag geben. Die Vergleichung des im Dünger zugeführten Quantums mit dem vorhandenen Capitale aber ließe ſich auf dieſelbe Weiſe auch auf alle übrigen pflanzenernährende Stoffe anwenden; worin das Trügliche derſelben beruht, iſt ſchon früher auseinandergeſetzt worden. So viel iſt aber, wie ſchon öfters angegeben wurde, jedenfalls als feſtſtehend zu betrachten, daß für die Halmfrüchte auf eine Zufuhr von Stickſtoff vorzugsweiſe Rückſicht zu nehmen iſt (d. h. natürlich immer nur da, wo es ſich um eine, neben der regelmäßigen Düngung mit Stallmiſt, anzuwendenden Dungzufuhr handelt).

Im Knochenmehl findet ſich kein fertig gebildetes Ammoniak, wie im Guano; die ſtickſtoffhaltige Subſtanz, der Leim, geht erſt unter den die Fäulniß im Allgemeinen bedingenden Verhältniſſen in kohlenſaures Ammoniak über. Der phosphorſaure Kalk, welcher eine innige Verbindung mit dem Leim eingegangen, ſchützt die inneren, von ihm umkleideten Partien dieſer Subſtanz vor dem Einfluß der Luft und ſomit vor der leicht fortſchreitenden Zerſetzung. Um die Knochen daher möglichſt ſchnell wirkſam zu machen, d. h. um ſie möglichſt ſchnell in Nahrungsmittel der Pflanzen überzuführen (in Ammoniak und lösliche phosphorſaure Kalkerde), iſt es nöthig, dieſelben ſo fein, als es irgend angeht zu pulveriſiren, um auf ſolche Weiſe den zerſetzenden Kräften überall Angriffspunkte darzubieten. Dennoch kann die Wirkung, auch des feinſten Knochenmehls nie ſo ſchnell zur Erſcheinung kommen, wie diejenige des Guanos; ſie wird aber aus denſelben Gründen länger andauernd ſein, wie die des letzteren. Die Wirkung des Knochenmehls wird natürlich in denjenigen Bodenarten, welche überhaupt der Zer-

ſetzung der organiſchen Subſtanzen die günſtigſten Verhältniſſe darbieten, alſo in den feuchten und lockeren, weit energiſcher und deutlicher ſein, als unter den entgegengeſetzten Verhältniſſen, im naſſen, verſchloſſenen Boden.

Um der Düngung mit Knochenmehl auch für dieſe letztgenannten Bodenarten, und überhaupt, einen ſchnelleren Erfolg zu ſichern, iſt es nöthig, deſſen Zerſetzung ſchon vor der Anwendung einzuleiten. Hierzu bieten ſich zweierlei Wege dar. Erſtens kann man das Knochenmehl durch Vermiſchung mit Schwefelſäure aufſchließen (für 100 Pfd. Knochenmehl ſind 20 bis 25 Pfd. roher engliſcher Schwefelſäure erforderlich). Die Säure zerſetzt die phosphorſaure Kalkerde dergeſtalt, daß ſie ſich mit der Hälfte der Kalkerde zu ſchwefelſaurer Kalkerde (Gyps) verbindet, während die andere Hälfte mit der ganzen Quantität Phosphorſäure zu ſaurer phosphorſaurer Kalkerde verbunden bleibt. Da dieſes ſaure Salz weit leichter löslich iſt, als das baſiſche, und auch einen Theil der Phosphorſäure leichter an andere Verbindungen abgiebt, ſo wird die Aufnahme und Aſſimilation der Phosphorſäure durch die Ueberführung in die neue Verbindung offenbar ſehr gefördert. Zu gleicher Zeit aber wird auch die Zerſetzung des Leims, ſchon durch die Trennung deſſelben vom Kalkſalz, erleichtert. Im Handel kommt das ſo präparirte Knochenmehl unter den Namen ſaure phosphorſaure oder überphosphorſaure Kalkerde vor.

Billiger und vielleicht in jeder Hinſicht mehr zu empfehlen möchte die Verarbeitung des Knochenmehls zu Compoſt ſein. Man vermiſcht das Knochenmehl etwa ein halbes oder ein ganzes Jahr vor der Anwendung reichlich mit humoſer Erde, und hält das Gemenge an einem beſchatteten Orte beſtändig feucht (nicht naß). Zur Benetzung kann man ſich gewöhnlichen Waſſers, beſſer aber des Urins (der Jauche) bedienen. Von Zeit zu Zeit wird der Haufen durchgeſchippt und vielleicht noch wieder mit einer dünnen Schicht humoſer Erde bedeckt. Durch dies Verfahren werden die Knochen in Fäulniß übergeführt, und dann im gefaulten, aufgeſchloſſenen Zuſtande dem Boden einverleibt, wo ihre beſchleunigte Wirkung bald deutlich hervortreten wird.

Die Methoden anzuführen, nach welchen die Knochen am vortheilhafteſten zerkleinert werden, gehört nicht hierher. Dadurch, daß dieſelben der Einwirkung ziemlich ſtark geſpannter Waſſerdämpfe ausgeſetzt werden, erhöhet man ihre Pulveriſirbarkeit nicht nur bedeutend,

ſondern entzieht ihnen auch einen großen Theil des Fettes, welches weiter zu Seifen ꝛc. verarbeitet wird, da es die düngende Wirkung der Knochen nicht unterſtützen, ſondern nur verzögern könnte.

Was endlich die Quantität betrifft, in welcher das Knochenmehl am paſſendſten zur Düngung verwandt wird, ſo beträgt dieſelbe 2 bis 3 Centner für den preuß. Morgen. 250 Pfund guten Knochenmehls liefern nach ihrer Zerſetzung ebenſoviel Ammoniak als 100 Pfund Guano.

An das Knochenmehl reihen ſich noch einige andere, jetzt im Handel vorkommende Düngungsmittel unmittelbar an:

a) Die Zuckerkohle. Bei der Zuckerraffinerie werden verkohlte Knochen (Knochenkohle) benutzt. In ihnen iſt durch die Hitze die organiſche Subſtanz, und mithin auch der ſtickſtoffhaltige Leim, zerſtört. Bei der Filtration des Zuckerſaftes aber nimmt die Kohle wieder das als Klärungsmaterial zugeſetzte Blut auf, und ſo enthält die dem Handel übergebene Zuckerkohle wieder neben dem phosphorſauren Kalk einen ſtickſtoffhaltigen, ammoniakbildenden Körper, und gleicht daher dem unverkohlten Knochenmehle. Der Stickſtoffgehalt der Zuckerkohle iſt wechſelnd, erreicht aber wohl nie die Höhe desjenigen der unzerſetzten Knochen.

b) Koprolithen ſind die foſſilen Excremente großer Amphibien (Ichthyoſaurus), welche in früheren Epochen der Erdbildung lebten und deren Formen jetzt nirgend mehr exiſtiren. Die Koprolithen finden ſich beſonders in England häufig in ſo großer Menge, daß ſie gepulvert einen nicht unbedeutenden Handelsartikel ausmachen. Die organiſche Subſtanz derſelben iſt natürlich während der vielen Jahrtauſende ihrer Lagerung verwittert, und ſie beſtehen der Hauptſache nach nur aus phosphorſaurer Kalkerde.

c) Phosphorit, Knochenſtein. In einigen Gebirgsgegenden wird die phosphorſaure Kalkerde als Spaltausfüllungen angetroffen. In den Handel ſind jedoch bisjetzt noch keine beträchtlichen Quantitäten dieſes Minerals gekommen.

5. Die Rapskuchen.

Das Oel beſteht nur aus drei Elementarſtoffen, aus Sauerſtoff, Waſſerſtoff und Kohlenſtoff. Bei dem Abpreſſen der Rapskörner gehen von den übrigen Verbindungen nicht eben bedeutende Quantitäten in

das rohe Oel. Daraus folgt, daß die abgepreßten Rapskuchen die Elemente faſt alle noch enthalten müſſen, welche der Boden zur Bildung der Körner hergegeben hatte; namentlich aber den Stickſtoff und die mineraliſchen Beſtandtheile. Wenn man dem Boden daher das Rapsſtroh und die von den Körnern gewonnenen Kuchen wiedergiebt, ſo empfängt derſelbe dadurch in der Hauptſache alle diejenigen Stoffe wieder, welche von ihm zur Bildung der Rapsernte geliefert wurden. Damit ſoll freilich nicht behauptet werden, daß der Boden, nachdem ihm die genannten Stoffe einverleibt worden, ſich in ganz demſelben Zuſtande befinde, wie unmittelbar vor der Einſaat des Rapſes; denn erſtlich ſind während der Vegetationszeit des Rapſes aus dem ſtark gedüngten Boden, beſonders wenn er nur von leichterer Beſchaffenheit iſt, jedenfalls manche Nahrungsſtoffe ungenutzt verloren gegangen; und zweitens zerſetzt ſich das Rapsſtroh nur langſam und liefert erſt allmälig die Nahrungsmittel wieder, welche es bildeten.

Die Rapskuchen beſtehen aus:

Hülſen und Holzfaſer	25,0
Zucker, Dextrin, Pectin ꝛc.	17,7
Stickſtoffhaltige Subſtanz	20,8
Oel	12,8
Waſſer	14,9
Aſche und Sand	8,8
	100,0

Die Zuſammenſetzung der Aſche iſt natürlich im Weſentlichen derjenigen der ganzen Rapskörner gleich, welche früher angegeben wurde; ſie iſt alſo reich an Phosphorſäure.

Die Rapskuchen ſind ein ſehr nahrhaftes Futtermittel und eignen ſich als ſolches beſonders für Rindvieh und Schafe. Die Fälle, in denen es vortheilhaft wäre, dieſelben unverfüttert direct als Dünger für die Aecker zu verwenden, können daher nur ſehr beſchränkt ſein, zumal die übrigen Düngungsmittel, als Guano, Knochenmehl, Chiliſalpeter ꝛc. jetzt ſchon aller Orten in genügenden Quantitäten zu haben ſind. Während des Durchganges durch den thieriſchen Körper gehen, wie wir geſehen haben, allerdings für die Pflanzenernährung werthvolle Stoffe verloren, und der von den verfütterten Rapskuchen gewonnene Dünger kann nicht mehr ſo viele pflanzenernährende Stoffe enthalten und entwickeln, als die ganzen Kuchen; aber dieſer Verluſt

wird mehr als aufgewogen durch die aus dem Futter erzeugten animalischen Produkte, die Milch, das Fleisch, die Wolle.

Wo die Rapskuchen aber als Düngungsmittel direct verwandt werden sollen, da werden dieselben ebenfalls zuvörderst am besten mit humoser Erde gemischt zu Compost verarbeitet. Nicht um ihre Zersetzung zu befördern, denn die Rapskuchen zerfallen sogar sehr leicht; aber dieselben üben, kurz vor der Einsaat ausgestreuet, einen schädlichen Einfluß auf den jungen Keimling aus, und es würde deshalb nöthig sein, sie einige Zeit vor der Einsaat in den Acker zu bringen, wo denn natürlich in vielen Fällen ein Verlust an entwickeltem Ammoniak nicht zu vermeiden wäre. Der aus ihnen bereitete Compost kann ohne Schaden mit der Saat zu gleicher Zeit untergebracht werden.

Was von den Rapskuchen gesagt wurde, gilt in gleicher Weise von den Malzkeimen, welche ebenfalls ein sehr nahrhaftes Futtermittel ausmachen.

6. Der Chilisalpeter.

Unter dem Namen Chilisalpeter oder Würfelsalpeter wird aus einigen Gegenden Südamerikas eine Salzmasse eingeführt, welche 20 bis 90 Proc. an salpetersaurem Natron enthält, demjenigen Salze, welchem seine stark befruchtende Wirkung zuzuschreiben ist. In dem salpetersauren Natron ist es wiederum nur die Salpetersäure, welche, aus Stickstoff und Sauerstoff bestehend, als Stickstoffquelle für die Pflanzen von hohem Werthe ist.

Wir wissen nicht, wie viel von den stickstoffhaltenden Nahrungsmitteln der Pflanzen, insbesondere von dem Ammoniak, dem Boden während des Ackerbaues und durch denselben entzogen wird, wir wissen nicht, inwieweit dieser Verlust durch den Dünger und durch die atmosphärischen Niederschläge ersetzt wird; so viel wissen wir aber, daß wenn dieser Ersatz auch vollständig ist, dennoch weder der Ammoniakgehalt der Atmosphäre, noch derjenige des bei weitem größten Theils der Ackererden hinreicht, um die größtmögliche Ernte zu erzeugen, und daß er hierzu weniger ausreicht, als alle übrigen Nahrungsmittel der Pflanzen; und die Wirkung der nur Stickstoff zuführenden Dungstoffe liefert eben hierfür einen bündigen Beleg. Der Chilisalpeter enthält nicht das vollständige Material zur Bildung der Pflanzensubstanz, er

bietet derselben sogar nur ein einziges Element, den Stickstoff dar. Wenn daher die alleinige Düngung mit diesem Salze vollständig genügt, um die Fruchtbarkeit der Aecker zu erhöhen, um sie eben so sehr zu erhöhen, als die reichliche Zufuhr des vollständigen Stalldüngers, so geht daraus hervor, daß der Boden alle übrigen Nahrungsmittel in hinreichender Menge enthielt (vergl. das Folgende). Und so lange dieses Verhältniß existirt kann der Chilisalpeter den vollständigen Dünger ersetzen.

Der Guano und die übrigen bisher besprochenen Düngungsmittel liefern den Pflanzen außer dem Stickstoff auch noch die Phorphorsäure, denjenigen Stoff, von welchem wir gesehen haben, daß er meistens ebenfalls in unzulänglicher Quantität in den Bodenarten zugegen ist. Die besprochene Wirkung des Chilisalpeters, welche derjenigen des Guanos und sogar derjenigen des Stalldüngers gleich kommt, scheint nun aber der Behauptung, daß die Phosphorsäure in unzulänglicher Menge den Ackererden beigemischt sei, geradezu zu widersprechen. Wir kommen hier sofort auf ein Verhältniß, welches im ersten Augenblicke außerordentlich räthselhaft erscheint, und vielleicht der richtigen Einsicht in die Ernährungsweise der Pflanzen und deren Bedürfnisse schon häufig Schwierigkeiten bereitet hat. Die Erträge eines und desselben Bodens werden sowohl durch die alleinige Zufuhr von stickstoffhaltenden Nahrungsmitteln (Chilisalpeter, Ammoniak), als auch auf der anderen Seite durch die alleinige Zufuhr von Phosphorsäure erhöht. Wenn also, kann man sagen, der Chilisalpeter allein die Ernte vergrößert, so muß für eine größere Ernte hinreichend Phosphorsäure vorhanden gewesen sein; wie kann dann die Zufuhr von Phosphorsäure noch von Wirkung sein? Und wenn dagegen die alleinige Düngung mit Phosphorsäure die Vegetation befördert, so muß es für den Bedarf der erhöhten Vegetation an stickstoffhaltigen Nahrungsmitteln nicht gemangelt haben. Wenn also der betreffende Boden sowohl an Stickstoff als an Phosphorsäure so viel Nahrung enthält, als eine erhöhte Ernte erfordert, warum bringt er denn diese größere Ernte nicht hervor, und warum bedarf es denn noch der Zufuhr der genannten Stoffe, um eine Erhöhung zu bewirken? Die Frage wird noch verwickelter, wenn nun, wie es in der That häufig der Fall ist, auch noch manche der übrigen Pflanzennahrungsmittel einzeln, jedes für sich angewandt, die Fruchtbarkeit des Bodens zu vermehren im Stande sind.

Zunächst darf aus den angeführten Thatsachen niemals der Schluß gezogen werden, daß die einzelnen Nahrungsmittel der Pflanzen einander ersetzen könnten, daß die Vegetabilien Stickstoff statt Phosphorsäure, Kali statt Kalk, und umgekehrt, wie ihnen die Stoffe gerade in größerer und passenderer Quantität geboten werden, zur Bildung ihrer Substanz verwenden könnten. Die Nahrungsmittel können einander nicht ersetzen, aber die erhöhte Zufuhr des einen, kann auch die vermehrte Assimilation und Aufnahme der übrigen veranlassen. Um dies deutlicher zu machen, möge folgendes Beispiel aus der anorganischen Chemie dienen. Wenn eine gewisse Quantität Eisen mit Schwefelsäure von einer bestimmten Concentration übergossen wird, so greift die Säure das Eisen an, es bildet sich schwefelsaures Eisenoxydul und zwar mit einer bestimmten Geschwindigkeit, d. h. in einer gegebenen Zeit eine gewisse Quantität. Vermehrt man nun einseitig entweder die Menge der Schwefelsäure, oder diejenige des Eisens, so wird die Bildung des schwefelsauren Eisensalzes in beiden Fällen beschleunigt. Und man könnte hier nun mit demselben Rechte, wie oben, fragen, wenn sowohl die Menge des Eisens hinreicht zur schnelleren Production des Salzes, als auch die der Schwefelsäure, warum bedarf es denn noch der Zufuhr eines von beiden, um diese beschleunigte Production einzuleiten? Der Grund zu der in Rede stehenden Erscheinung liegt einfach darin, daß in beiden Fällen, also sowohl durch die alleinige Zufuhr von Eisen, als durch diejenige von Schwefelsäure, die Berührungs- und somit die Angriffspunkte beider Körper vermehrt werden. Ganz dasselbe Verhältniß findet innerhalb der Pflanzenzellen statt. Wird z. B. der Ammoniakgehalt der Nahrungsflüssigkeit vergrößert, so werden die Berührungspunkte des Ammoniaks mit den übrigen Nahrungsmitteln und den schon assimilirten Verbindungen vermehrt, und ihre Vereinigung, die Assimilation aller erforderlichen Stoffe, beschleunigt. Der beschleunigte Verbrauch bedingt eine beschleunigte Aufnahme, und so kann aus der verdünnten Lösung der übrigen Nahrungsmittel, z. B. der Phosphorsäure, ebensoviel innerhalb einer bestimmten Zeit assimilirt werden, als bei einem geringeren Ammoniakgehalte aus der concentrirteren, und umgekehrt. Zur Bildung einer gewissen Quantität von Pflanzensubstanz wird unter allen Umständen eine ganz bestimmte Menge von nährenden Stoffen verbraucht, aber das Gewicht, welches in einer gegebenen Zeit verbraucht, assimilirt wird, also

die Schnelligkeit des Wachsthums, hängt neben den übrigen bedingenden Verhältnissen von der Concentration der Nahrungsmittellösung ab. Wir sehen nun aus den so eben besprochenen Thatsachen, daß selbst da, wo die äußeren Einflüsse dieselben sind, kein bestimmtes Mischungsverhältniß der einzelnen Stoffe der Nahrungsmittellösung für die Production eines gewissen Quantums von Pflanzenmasse erfordert wird, sondern daß hier verschiedene Mischungen eine gleiche Wirkung haben, daß die vermehrte Zufuhr eines einzigen Nahrungsmittels einen gewissen Antheil der übrigen entbehrlich macht, d. h. in der vorliegenden Wirkung ersetzen kann.

Der erwähnten Erscheinung können übrigens theilweise noch andere Ursachen zu Grunde liegen. Die erhöhte Fruchtbarkeit des Bodens wird nämlich in manchen Fällen nicht dadurch bedingt, daß die hinzugeführte Substanz selbst als Nahrungsmittel wirkt, sondern daß sie die Lösung anderer Nahrungsmittel oder die Zersetzung von Dungstoffen zur Folge hat. So dienen die Ammoniaksalze zur Lösung der phosphorsauren Erden, und die kaustischen und kohlensauren Alkalien und alkalischen Erden wirken zersetzend auf die verbrennlichen und unverbrennlichen Bestandtheile des Bodens ein. Wenn also z. B. kohlensaures Kali die Vegetation befördert, so folgt daraus noch keineswegs, daß es dem betreffenden Boden an Kali gefehlt habe und daß die Wirkung des hinzugefügten Salzes eine unmittelbar nährende sei. Das Kali vermehrt durch seine zersetzenden Eigenschaften die Quantität der übrigen löslichen Nahrungsmittel des Bodens, und hierin wird in vielen Fällen seine Hauptwirkung liegen.

Um jedoch wieder speciell auf den Chilisalpeter zurückzukommen, so haben wir also gesehen, daß derselbe dem Boden nur Stickstoff zuführt, und daß seine befruchtende Wirkung daher die Gegenwart aller übrigen Nahrungsmittel voraussetzt. Soll einem Acker auf die Dauer nur Chilisalpeter, ohne jegliche Beimischung eines anderen Düngers, gereicht werden, so muß derselbe weit früher erschöpft werden, als wenn er statt dessen Guano erhalten hätte; denn die Wirkung des Chilisalpeters läßt schon nach, sobald es an Phosphorsäure, diejenige des Guanos erst, wenn es an Kali, Magnesia ꝛc. zu mangeln beginnt. Auf solchen Landgütern aber, wo bei Gegenwart von guten und reichlichen Wiesen den Aeckern fortwährend mehr Phosphorsäure (nebst den übrigen mineralischen Stoffen) zugeführt, als, durch die ver-

kauften landwirthschaftlichen Produkte, entzogen wird, da muß der Chilisalpeter, neben Stalldünger oder abwechselnd mit demselben angewandt, zunächst dieselbe Wirkung haben, als der Guano. Und wir finden in der That, daß derselbe in solchen gesegneten Ländern die Ernten ebenso sehr, und unter Umständen sogar noch mehr, erhöht, als der Guano, welcher seinerseits wieder in wiesenarmen Gegenden den Vorzug vor ersterem deutlich zu bethätigen scheint. Im Allgemeinen kann daher der Chilisalpeter auf die Dauer den Stalldünger noch weniger ersetzen, als der Guano, aber neben demselben angewandt wird er dessen Wirkung außerordentlich erhöhen. Nach einem, auf sehr reichem Boden angestellten, Versuche konnte die alleinige Zufuhr von stickstoffhaltigen Nahrungsmitteln die Erträge nur mehre Jahre hintereinander auf derselben Höhe erhalten, und als sie zu sinken angefangen hatten, wurden sie durch die Zumischung von den übrigen Nahrungsmitteln wieder gehoben. Im Uebrigen vergleiche das beim Guano über die künstlichen Düngungsmittel überhaupt Gesagte.

Die Gebrauchsweise des Chilisalpeters ist derjenigen des Guanos ähnlich. Man verwendet davon 30 bis 100 Pfd. für den preußischen Morgen. Die mäßigen Quantitäten verwerthen sich auch hier besser, als die großen, welche in Folge des üppigen Wuchses leicht eine Lagerung der Halmfrüchte veranlassen. Eine Beimischung von Kochsalz soll diesem letztgenannten Uebelstande jedoch vorbeugen.

Man will beobachtet haben, daß der Chilisalpeter bei trockener Witterung besser wirke, als der Guano, und umgekehrt dieser bei nasser Witterung besser als jener; und man erklärt dies dadurch, daß der Guano bei trockenem Wetter einen großen Verlust durch die Verflüchtigung des Ammoniaks erleidet, während der Chilisalpeter als nicht flüchtiges Salz der Trockenheit widersteht, aber, seiner Leichtlöslichkeit halber, dagegen durch starken Regen leicht in den Untergrund hineingewaschen werden müsse. Die Gefahr eines bedeutenden Verlustes durch Auswaschung ist übrigens in Betreff des Chilisalpeters, wie überhaupt, nur für den grobkörnigen, lehm- und humusarmen Sandboden vorhanden.

Es sind schon früher (S. 67) Gründe angegeben worden, welche der allgemeinen Annahme, daß die Salpetersäure, bevor sie von den Pflanzen aufgenommen werde, überall erst in Ammoniak übergeführt werden müsse, entgegenstehen; wir können denselben noch ein Bedenken

hinzufügen. Der Chilisalpeter wirkt bekanntlich sehr rasch: daraus würde also folgen, daß seine Ueberführung in Ammoniak sehr schnell beginnen und fortschreiten muß. Bei trockener Witterung, während welcher das Salz ganz besonders gut wirken soll, müßte aber alsdann ebenfalls ein bedeutender Theil des gebildeten Ammoniaks verflüchtigt, und die Wirkung, ähnlich wie die des Guanos unter gleichen Umständen, beeinträchtigt werden. Außerdem haben künstliche Vegetationsversuche neuerdings factisch erwiesen, daß die Salpetersäure wirklich von den Pflanzen aufgenommen und assimilirt werden kann.

Daß der Chilisalpeter besonders auf Halmfrüchte einwirkt, erklärt sich sehr einfach daraus, daß dieselben, aus früher entwickelten Gründen, ganz besonders der Zufuhr stickstoffhaltiger Nahrungsmittel bedürfen.

7. Schwefelsaures Ammoniak.

Aus den Destillationsprodukten der Steinkohlen ꝛc. fabricirt man das rohe schwefelsaure Ammoniak, welches als Düngungsmaterial in den Handel gebracht wird. Da dasselbe ebenfalls nur aus dem stickstoffhaltigen Nahrungsmittel besteht, so muß es in seiner Wirkung dem Chilisalpeter vollkommen analog sein. Durch die unter günstigen Umständen schnell vorschreitende Umsetzung in kohlensaures Ammoniak kann jedoch bei trockener Witterung, besonders auf leichtem Boden, ein erheblicher Verlust verursacht werden.

8. Andere stickstoffhaltende Substanzen.

Die meisten Bestandtheile des thierischen Körpers sind verhältnißmäßig reich an Stickstoff, besonders aber diejenigen, welche die hornartigen Stoffe bilden. Haare, wollene Lumpen, Hornspähne, Hufe und Klauen, und dergleichen Abfälle mehr, enthalten bis 12 Procent Stickstoff und können deshalb im Ackerbau mit gutem Nutzeu verwandt werden, zumal da sie an vielen Orten noch ziemlich billig zu kaufen sind. Die genannten Substanzen zerfallen aber alle mehr oder weniger schwierig. Um einen schnellen Erfolg nach ihrer Anwendung zu haben, ist es daher nöthig, sie entweder ganz fein zu pulverisiren, oder sie längere Zeit vorher in einen Composthaufen zu bringen, und nicht eher auszustreuen, als bis ihre Zersetzung deutlich vor sich gegangen ist. Rascher gelangt man zum Ziele, wenn man die thierischen Stoffe der Destillation unterwirft, und die Produkte derselben, unter denen sich

das aus den Stickstoffverbindungen hervorgegangene kohlensaure Ammoniak befindet, durch ammoniakbindende Substanzen, am besten durch sehr humusreiche Gemenge, auffangen läßt. Die Wirkung ist dann derjenigen des schwefelsauren Ammoniaks und der Ammoniaksalze überhaupt gleich. Zu der Destillation wird aber immer eine nicht ganz unerhebliche Quantität von Brennmaterial erfordert, und der Preis desselben muß über die vortheilhafte Benutzung dieser Methode entscheiden.

9. Die Asche.

Die Asche enthält alle mineralischen Bestandtheile, welche die Pflanzen dem Boden entzogen hatten. Für die Verwendung im Ackerbau haben natürlich diejenigen Aschen den höchsten Werth, welche in ihrer Zusammensetzung der Asche der Culturpflanzen möglichst nahe kommen, d. h. diejenigen, welche am reichsten sind an Phosphorsäure und an Kali (Magnesia). Von den überhaupt im Handel vorkommenden oder auf den Höfen producirten Aschen nimmt als Dungmaterial daher die Asche der Laubhölzer den ersten Rang ein; ihr folgt diejenige der Nadelhölzer, und ziemlich tief unter ihr stehend die der Torfsorten. Die Zusammensetzung der erstgenannten ist schon angeführt worden; die Torfasche besteht zumeist aus kohlensaurem Kalk, dem in manchen Fällen bedeutende Quantitäten von schwefelsaurer Kalkerde (Gyps) und Eisenoxyd beigemengt sind. Die Zusammensetzung schwankt natürlich je nach der Art der Pflanzen, aus denen, und je nach den umgebenden Verhältnissen, unter welchen, der Torf gebildet wurde. Nachstehend folgt die Analyse einiger Torfaschen.

	1.	2.	3.
Kali	2,31	0,69	0,81
Natron	2,45	0,78	3,03
Chlornatrium	3,17	2,67	2,00
Kalk	9,78	10,19	17,26
Magnesia	Spur	Spur	—
Thonerde	4,50	2,53	1,80
Eisenoxyd	37,50	20,25	14,00
Kieselerde	4,15	5,69	16,00
Kohlensäure	2,50	2,53	3,50
Phosphorsäure	Spur	—	—
Sand	32,40	49,03	39,20
	100,00	100,00	100,00

Alle drei Sorten zeichnen sich durch die fast gänzliche Abwesenheit der Phosphorsäure aus, deren Quantität in anderen Torfaschen jedoch auch bis auf mehre Procent steigt.

Die Seifensiederasche ist mit Aetzkalk vermischte und durch Wasser ausgelaugte Holzasche, welche dadurch natürlich den größten Theil der Alkalien und der übrigen löslichen Salze verloren hat.

Wo durch einen ausgedehnten Anbau von Runkelrüben und Kartoffeln dem Boden bedeutende Quantitäten von unorganischen Bestandtheilen und namentlich auch von Kali entzogen, und nicht durch den aus der verfütterten Schlempe ꝛc. gewonnenen Dünger zum größten Theile wieder zugeführt werden, da muß offenbar die Düngung mit Asche eine vorzügliche Bedeutung, auch in unmittelbar nährender Beziehung, haben. Im Allgemeinen aber hat man sich wohl zu hüten, die Wirkung einer Aschendüngung als einzig und allein, oder wenigstens der Hauptsache nach, in ihren direct nährenden Eigenschaften begründet zu betrachten. Die Alkalien und alkalischen Erden (in ihrem ätzenden und kohlensauren Zustande) beschleunigen und befördern die Zersetzung der organischen (humosen) und mineralischen Bestandtheile der Ackererden. Ihre Zufuhr vermehrt daher den Gehalt des Bodens an sämmtlichen, durch die Zersetzung seiner Bestandtheile frei gewordenen, assimilirbaren Nahrungsmitteln der Pflanzen, also auch an Ammoniak. Aus der befruchtenden Wirkung der Alkalien kann daher nicht ohne weiteres auf einen mangelnden Alkaligehalt des Bodens geschlossen werden, während auf der anderen Seite aus der Beobachtung, daß die Zufuhr von Ammoniak allein genügt, um auf einem Ackerboden die größtmögliche Ernte zu gewinnen, allerdings ebenso wenig unter allen Umständen mit Bestimmtheit hervorgeht, daß die Düngung mit mineralischen Salzen und insbesondere mit Kali daselbst gar keine direct nährende Bedeutung haben könne (vergl. pag. 346).

Wenn, wie es bei Meliorationen häufig der Fall ist, ausgerodetes Strauchwerk und Zweige auf dem Boden selbst verbrannt werden, so beobachtet man noch mehre Jahre hinterher, daß sich die Brandstellen durch ihre Fruchtbarkeit ganz besonders auszeichnen; vorzüglich auffallend ist diese Erscheinung auf Moorboden. Wenn man dann versuchsweise neben den Brandstellen eine gleiche Fläche mit derselben Quantität Asche, wie sie jenen aufliegt, überstreut, so wird man hier lange nicht dieselbe Wirkung wahrnehmen. Daraus folgt, daß die

Fruchtbarkeit der Brandstellen nicht allein durch die darauf verbleibende Asche, sondern zum großen Theile durch die Verbrennung selbst, oder bestimmter, durch die Wirkung der, durch den Verbrennungsproceß erzeugten, hohen Temperatur auf den Boden bedingt wird. Daß diese Wirkung von bedeutenden Folgen sein muß, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man den moorigen Boden unter den Brandstellen weiter in die Tiefe untersucht und seine Farbe sowohl, als seine Consistenz verändert findet. Das Feuer zerstört manche dem Wachsthum der Pflanzen unmittelbar schädliche Substanzen; in den Verbrennungs- und Destillationsprodukten werden statt dessen aufgeschlossene Nahrungsmittel (auch Ammoniak) gebildet, und die hervorgebrachte mürbe Beschaffenheit des Bodens setzt der Vegetation nicht die Hindernisse entgegen, welche ihr vordem die filzige Narbe bereitete. Die Asche unterstützt die zersetzende Wirkung des Feuers, in einer in vielen Beziehungen ähnlichen, aber ungleich schwächeren Weise, und tritt daneben natürlich selbst als Pflanzennahrung auf. Die Bedeutung des Rasenbrennens ist aus dem Vorhergehenden klar. Es wird durch dasselbe eine neue und günstigere Ackerkrume geschaffen und diese zu gleicher Zeit mit reichlicher Nahrung jeglicher Art versehen.

Die Asche unmittelbar auf den pfluggängigen Ackerboden zu verwenden, wird nur in seltenen Fällen, und im Allgemeinen nur da vortheilhaft sein, wo eine stark zersetzende und säuretilgende Wirkung gewünscht wird, und der für diesen Zweck ebenfalls brauchbare Kalk nicht erheblich billiger beschafft werden kann. Wenn aber durch die Aschendüngung der Ersatz von Alkalien und überhaupt von mineralischen Stoffen des Bodens beabsichtigt wird, so wird es in jeder Beziehung vortheilhafter sein, die Asche auf die Wiesen (besonders Moorwiesen) zu streuen und dann später ihre Bestandtheile in Form von Dünger, welcher aus den verfütterten Wiesengräsern gewonnen wurde, auf den Ackerboden überzuführen. Die Fruchtbarkeit vieler Wiesen kann (im Gegensatze zu dem Ackerboden) durch die alleinige Zufuhr von den mineralischen Nahrungsmitteln vollkommen erhalten werden; ihnen muß daher Ammoniak aus anderen, zureichenden Quellen zu Gebote stehen. Die Asche wird daher, auf die Wiesen gestreut, gleichsam eine Ammoniakquelle für den Ackerboden, indem ihre mineralischen Bestandtheile mit stickstoffhaltenden, ammoniakbildenden Substanzen verbunden, später in den Acker gelangen. Während man durch die

directe Aſchendüngung dem Boden weiter nichts geben würde, als die mineraliſchen Salze, giebt man ihm, bei voraufgegangener Wieſendüngung, dieſelben Stoffe nebſt einer Quantität Ammoniak und humoſen Subſtanzen, und hat dabei noch den Vortheil, welchen das Wieſenfutter durch die Nutzthiere gewährt. Wo keine Wieſen vorhanden ſind, da wird man mit der Aſche, welche dem Ackerboden gegeben werden ſoll, immer die Futterpflanzen am vortheilhafteſten düngen, und am wenigſten vortheilhaft die Halmfrüchte.

10. Die Kalkerde.

Es giebt Stoffe, welche in der Regel zu den Düngungsmitteln gezählt werden, weil ſie ebenſo wie dieſe die Fruchtbarkeit des Ackerbodens erhöhen, welche aber, wenn ſie auch zu den Nahrungsmitteln der Pflanzen gehören, doch meiſtentheils nicht als ſolche wirken, und daher von den wahren Düngungsmitteln ſtreng abgeſondert werden müſſen. Die Ernährung der Pflanzen hängt ab von der Zuſammenſetzung der Nahrungsmittellöſung des Ackerbodens; das Wachsthum der Pflanzen wird (bis zu einer gewiſſen Grenze) beſchleunigt und geſteigert dadurch, daß jener Löſung neue Stoffe zugeführt werden. Alle unlöslichen Bodenbeſtandtheile ſind, ſo lange ſie in ihrem dermaligen Zuſtande beharren, völlig gleichgültig für die directe Ernährung. Die Erhöhung der Concentration der Nahrungsmittellöſung, von welcher alſo die directe Ernährung der Gewächſe allein abhängt, kann aber auf doppelte Weiſe bewerkſtelligt werden; einmal dadurch, daß dem Ackerboden lösliche Nahrungsmittel von Außen zugeführt werden; und zweitens dadurch, daß im Ackerboden ſchon vorhandene unlösliche Verbindungen in lösliche Nahrungsmittel übergeführt werden. Für die Entwickelung der Pflanzen iſt es natürlich gleichgültig, woher das vergrößerte Quantum der Nahrungsmittel ſtammt; und daher müſſen diejenigen Stoffe, welche die Ueberführung von nicht aſſimilirbaren Bodenbeſtandtheilen in lösliche Nahrungsmittel veranlaſſen, zunächſt dieſelbe Wirkung haben, wie die wirklichen Düngungsmittel; verſteht ſich jedoch nur ſo lange, als überhaupt eine größere Menge von ſolchen, auf die angedeutete Weiſe zerſetzbaren Verbindungen im Boden vorhanden iſt. Zu den zerſetzenden Subſtanzen gehören, wie ſchon angeführt, vor allen die Alkalien und alkaliſchen Erden, ſowohl die Hydrate als die kohlenſauren Salze derſelben.

Wie stark ätzend der gebrannte Kalk (kaustische Kalk, Kalkhydrat) wirkt, ist Jedermann bekannt. In den Ackerboden gebracht, wird er diese energische Wirkung jedoch nur auf kurze Zeit ausüben; denn er zieht mit außerordentlicher Schnelligkeit die Kohlensäure des Bodens und der Luft an, und verwandelt sich in kohlensauren Kalk, dessen zersetzende Eigenschaften zwar von ähnlicher, aber ungleich schwächerer Art sind. Es ist durch überzeugende, und leicht anzustellende Versuche erwiesen, daß die kohlensaure Kalkerde viele Mineralien zersetzt, und namentlich die darin gebundenen Alkalien in lösliche und assimilirbare Form überführt; daß er in ähnlicher Weise auch das Zerfallen der organischen, humusartigen Verbindungen beschleunigt, ist ebenso unzweifelhaft erwiesen; er entbindet aus ihnen nicht nur Ammoniak, sondern daneben die Reihe der Aschenbestandtheile, welche in die Zusammensetzung der Organismen, aus denen die Humuskörper sich bildeten, eingegangen waren, und endlich eine Quantität Kohlensäure, welche sowohl direct nährend, als auflösend und mechanisch lockernd wirkt.

Der kohlensaure Kalk gehört zu denjenigen pflanzenernährenden Stoffen, welche sich einestheils im Ackerboden am häufigsten vorfinden, und andererseits zur Bildung der Ackerbaupflanzen, namentlich der Getreidekörner, in einer verhältnißmäßig geringen Quantität verbraucht werden. Daneben ist der kohlensaure Kalk, selbst in Kohlensäure haltendem Wasser, immer nur schwer löslich; und 1 Proc. (von dem Gewichte der Ackererde) desselben genügt überreichlich, um die Bodenlösung damit zu sättigen. Es ist also klar, daß eine größere Zufuhr davon, da sie gar nicht in Lösung übergehen kann, durchaus keine direct nährende Wirkung auf die Gewächse auszuüben vermag. Die große befruchtende Eigenschaft des kohlensauren Kalkes, welche man in vielen Fällen zu beobachten Gelegenheit hat, kommt daher nicht dem Kalk als Nahrungsmittel zu, sondern muß nothwendig auf andere Weise erklärt werden. Daß die Wirkung der Kalkerde nicht allein auf der Zersetzung und Aufschließung der mineralischen Bodenbestandtheile beruht, geht einmal daraus hervor, daß dieselbe weit bedeutender ist, als durch eine Vermehrung der mineralischen Nahrungsmittel hervorgebracht werden kann; und zweitens daraus, daß der kohlensaure Kalk ebenfalls, und zwar häufig ganz besonders stark, auf Moorboden wirkt, welchem entweder gar keine, oder doch nur sehr wenig zertrümmerte Mineralien beigemischt sind. Seine Wirkung beruht

hier auf dem Einfluß, welchen er auf die organischen Verbindungen ausübt. Wenn man den Moorboden verbrennt, so zeigt der zurückbleibende Aschengehalt, daß er nicht arm ist an nährenden unorganischen Stoffen; während auf der anderen Seite die flüchtigen Verbrennungsprodukte einen nicht unbedeutenden Stickstoffgehalt erkennen lassen. Daß dieser Boden dessenungeachtet, abgesehen von seinen übrigen, der Vegetation im Allgemeinen nicht günstigen, Eigenschaften, auch einen deutlichen Mangel an aufnehmbaren und assimilirbaren Nahrungsmitteln wahrnehmen läßt, findet darin seine Erklärung, daß die genannten stickstoffhaltenden und unorganischen Stoffe in der Humusmasse dergestalt gebunden, und unter solchen Verhältnissen abgelagert sind, daß ihre Ueberführung in den löslichen Zustand sehr erschwert ist. Das mehr oder weniger gefärbte Wasser des Moorbodens enthält lösliche organische Verbindungen, welche für die Vegetation der allermeisten Ackerbaupflanzen directe Gifte darstellen. Die Säuren zumal sind es, welche sowohl wegen der genannten giftigen Eigenschaft, als auch noch dadurch schädlich wirken, daß sie die, von ihrer Lösung umgebenen, organischen Substanzen vor der Zersetzung in hohem Grade schützen. Wenn nun einem solchen Boden Kalk zugeführt wird, so bindet er die freien Säuren, und befördert somit auch indirect die erwünschte Zersetzung der humosen Verbindungen, welche er durch directe Einwirkungen weiter beschleunigt. Von den Veränderungen, welche der kohlensaure Kalk im Moder hervorruft, giebt schon der stärker hervortretende und veränderte Geruch Zeugniß, welcher bei seiner Vermischung mit demselben deutlich wahrgenommen werden kann. Wenn der Kalk also die direct giftigen Verbindungen zerstört, und aus diesen sowohl, als aus den übrigen Humuskörpern, assimilirbare Nahrungsmittel hervorgehen läßt, so kann die große befruchtende Wirkung, welche er auf den Moorboden ausüben muß, und in der That auch überall ausübt, wo dieselbe nicht durch anderweitige störende Einflüsse paralysirt wird, durchaus nicht befremden.

In jedem Ackerboden befindet sich neben der, die fertig gebildeten Nahrungsmittel enthaltenden wässerigen Lösung ein Capital solcher Verbindungen, organischer und mineralischer, welche durch ihre fortschreitende Zersetzung eine andauernde Quelle von gewissen Quantitäten fertiger Nahrungsmittel darstellen. Dieses Capital wird erhalten durch den Zuschuß, welchen der unzersetzte Theil des Düngers und

die dem Boden verbleibenden Ernterückstände liefern. Es ist leicht einzusehen, daß derjenige, welcher den Dünger durch solche Substanzen ersetzt, welche allein durch die beschleunigte und vergrößerte Zersetzung der unlöslichen, im Boden vorhandenen Dungstoffe die Nahrungsmittellösung concentriren, sich in einer ähnlichen Lage befindet, wie derjenige, welcher seine Geldeinnahme durch den Angriff des Capitals vergrößert. Wie im letzteren Falle (wenn das aufgenommene Capital nicht anderweitig angelegt wird) die natürliche Folge eine Verminderung der Zinseneinnahme sein muß; so wird auch im ersteren das verringerte Dung-Capital fernerhin einen kleineren Zuschuß von löslichen Nahrungsmitteln hergeben. Die Fruchtbarkeit des Bodens muß abnehmen, wenn die, ihm auf solche Weise entzogenen, Nahrungsmittel nicht wieder hinreichend ersetzt werden.

Ist denn nun also die Verwendung des Kalkes und der ähnlich wirkenden Substanzen gänzlich zu vermeiden? Diese Frage darf nie unbedingt bejaht werden; die Kalkung kann sogar mit ziemlich bedeutendem Vortheil verbunden sein. Und zwar deshalb, weil durch die beschleunigte Verwerthung der Bodenbestandtheile (Dungstoffe) der Gewinn erheblich vergrößert wird. Nur in Stellvertretung des Düngers darf der Kalk nicht benutzt werden. Wenn man sich nur stets vergegenwärtigt, daß der Kalk kein Dünger ist, daß er also von allen den Stoffen, welche bei seiner alleinigen Anwendung dem Boden mit der Ernte fortgeführt werden, nichts hergegeben hatte; so wird man bei der Benutzung des Kalkes vor Mißgriffen und üblen Folgen bewahrt bleiben.

Wo es sich um die Zerstörung von schädlichen Säuren handelt, wird man selten ein vortheilhafteres Mittel, als den Kalk, auffinden können.

Es bleibt schließlich noch übrig, einige andere, von der vorstehenden abweichende, Ansichten über die Wirkung des Kalkes in der Kürze zu erwähnen. Man hat häufig behauptet, daß der Kalk einzig und allein dadurch einen günstigen Einfluß auf die Vegetation ausübe, daß er das Gefüge des Ackerbodens verbessere. Daß die Beimischung einer größeren Menge von kohlensaurem Kalk manche Bodenarten in ihrem nicht nährenden Theile wesentlich verbessern kann, ist schon früher auseinandergesetzt worden; daß aber die Wirkung des Kalkes in einer solchen Verbesserung keineswegs allein gefunden werden darf, zeigt

die Betrachtung ſolcher Bodenarten, welche entweder jener Verbeſſerung gar nicht bedürfen, oder auf deren Gefüge eine unbedeutende Zumiſchung von Kalk doch keinen erheblichen Einfluß haben kann. — Eine andere Theorie der Kalkdüngung hat in neuerer Zeit, trotz ihrer augenſcheinlichen Unhaltbarkeit, eine weitere Verbreitung gefunden. Nach ihr ſoll der kohlenſaure Kalk im Sommer bei der höheren Temperatur einen Theil ſeiner Kohlenſäure verlieren, denſelben im Winter aber wieder aufnehmen, und ſomit als eine ſtetige Quelle von Kohlenſäure befruchtend auf die Vegetation einwirken. Es iſt erſtlich außerordentlich unwahrſcheinlich, daß der kohlenſaure Kalk unter den im Boden herrſchenden Verhältniſſen auch nur eine Spur von Kohlenſäure verlieren ſollte; und zweitens würde ſelbſt in dem Falle, wenn eine ſolche Abgabe wirklich ſtattfinden ſollte, die frei gewordene Quantität Kohlenſäure im Vergleich zu der im Boden und der Atmoſphäre ſchon vorhandenen ſo unbedeutend ſein, daß ſie nicht im entfernteſten hinreicht, um die große Wirkung des kohlenſauren Kalkes zu erklären. — Daß der Einfluß des Kalkes nicht allein ſeiner zerſetzenden Einwirkung auf die mineraliſchen Bodenbeſtandtheile, oder ſeiner ſäuretilgenden Eigenſchaft zugeſchrieben werden darf (zwei nicht ungewöhnliche Annahmen), iſt ſchon oben gezeigt worden.

Als Material bedient man ſich zum Kalken gewöhnlich des gebrannten Stein- und Mergelkalks. Man bringt denſelben in kleineren Haufen auf den Ackerboden, und läßt ihn entweder langſam an der Luft zerfallen, oder löſcht ihn durch Beſprengen mit Waſſer, jedoch nur ſo weit, bis er ein gleichmäßig zerfallenes, aber trockenes Pulver darſtellt. In dieſem Zuſtande läßt er ſich dann in jeder beliebigen Quantität über die Oberfläche des Bodens vertheilen, und auch mit der Ackerkrume innig mengen.

In einigen außerordentlich waſſerreichen Gegenden Norddeutſchlands verwendet man, unter dem Namen Poſt, die chara foetida, welche üppig vegetirend den Grund der Gewäſſer bedeckt, zur Düngung der Aecker, und legt auf dieſelbe ein ganz beſonderes Gewicht.

Die Aſchen-Analyſe von zwei verſchiedenen Proben, und, wie es ſchien, auch verſchiedenen Varietäten, der chara foetida wies folgende unorganiſche Beſtandtheile nach:

	I.	II.
Kali	0,49	0,23
Natron	0,18	0,12
Chlornatrium	0,14	0,08
Eisenoxyd	0,04	0,16
Kalkerde	54,73	54,84
Magnesia	0,57	0,79
Phosphorsäure	0,31	0,16
Schwefelsäure	0,24	0,28
Kohlensäure	42,60	42,86
Kieselsäure	0,7	0,33
	100,00	99,75
Aschengehalt in 100 Th. der trockenen Pflanzen	54,58	68,39.

Die Asche der chara besteht demnach fast aus reiner kohlensaurer Kalkerde; und da der Aschengehalt der ganzen Pflanze nahe bis auf 70 Proc. steigt, also nur etwa 30 Proc. organischer Materie übrig bleiben, welche fast aus reinem Zellstoff besteht, jedenfalls aber nur sehr geringe Mengen von stickstoffhaltigen Verbindungen in sich schließt; und da endlich bei der gewöhnlichen Anwendung, wo der Post längere Zeit auf der Oberfläche des Ackerbodens liegen bleibt, die organische Substanz durch die Einwirkung des Kalkes zum großen Theile zerstört wird: so ist die Düngung mit den Charen der Hauptsache nach ganz gleich zu achten einer Düngung mit reinem kohlensauren Kalk. Die Wirkung der Postdüngung ist aber in der That auf allen Aeckern, auch auf dem ganz leichten Sandboden (wenn es nicht an Regen fehlt), und für alle Feldfrüchte eine fast überraschende. Vergleichende Versuche zwischen der Wirkung des Postes und des reinen kohlensauren Kalkes sind noch nicht angestellt; den Erfolgen gegenüber, welche der letztere nach den Berichten in anderen Ländern durchschnittlich hat, scheint die Postdüngung ungleich kräftiger und vortheilhafter zu sein. Das mag vielleicht darin seine Erklärung finden, daß dem Post meistens gewisse Quantitäten von den moorigen Bestandtheilen des Seegrundes, aus welchen er gezogen wurde, beigemischt sind. Andere Wasserpflanzen, wie z. B. die stratiotes aloides, welche nach der früher mitgetheilten Analyse weit reicher sind an werthvollen Dungstoffen, an unorganischen (Phosphorsäure, Kali) sowohl, als an organischen,

haben dennoch im Vergleich zum Poſt eine weit geringere düngende Wirkung. Der kohlenſaure Kalk des letzteren muß alſo durch ſeinen zerſetzenden Einfluß auf die Bodenbeſtandtheile eine größere Menge von Pflanzennahrungsmitteln disponibel machen, als durch die stratiotes aloides, und dergleichen Pflanzen mehr, zugeführt werden. Unter Umſtänden iſt ſogar die Poſtzufuhr von einem deutlich hervortretenden beſſeren Erfolg, als eine gewöhnliche Düngung mit Stallmiſt. Daß der Poſt dennoch niemals den Stalldünger erſetzen darf, daß im Gegentheil einer vermehrten Benutzung des erſteren eine vermehrte Zufuhr von letzterem folgen muß, wenn die Ertragsfähigkeit der Aecker nicht mit der Zeit unaufhaltſam abnehmen ſoll, verſteht ſich nach dem über die Wirkungsweiſe des kohlenſauren Kalkes Geſagten ganz von ſelbſt. Wie zerſetzend und zerſtörend der kohlenſaure Kalk auf die organiſchen Subſtanzen einwirkt, zeigt die Thatſache recht deutlich, daß nach einer häufig wiederholten Poſtdüngung von dem leichten Boden die natürliche Grasnarbe vollſtändig verſchwindet.

11. Der Mergel.

Der Mergel beſteht aus einem innigen Gemenge von kohlenſaurer Kalkerde mit Lehm (Lehmmergel), oder mit Sand, oder einem ſehr ſandigen Lehm (Sandmergel). Die Wirkung des Mergels iſt daher zuſammengeſetzt aus der Wirkung des kohlenſauren Kalkes und der beigemiſchten Subſtanzen. Die letzteren haben nur eine Bedeutung für den die Ernährung vermittelnden Theil der Ackererden, während die kohlenſaure Kalkerde daneben inſofern einen Einfluß auf den Nahrungsmittelgehalt des Bodens ausübt, als er denſelben auf Koſten der unlöslichen Dungſtoffe vermehrt. Einigen Mergelſorten ſind jedoch auch werthvolle Dungſtoffe und Pflanzennahrungsmittel von Natur beigemiſcht, und dieſe haben dann in der That eine unmittelbar nährende Wirkung.

Da, wie früher ausführlicher begründet worden, als den die Ernährung vermittelnden Theil meliorirend, für den Sandboden die Lehmzufuhr, für den Lehm- und Thonboden aber die Sand- und Kalkzufuhr von beſonderem Nutzen iſt; ſo verſteht es ſich von ſelbſt, daß für den Sandboden der Lehmmergel, für den ſchweren Boden aber der Sandmergel, oder der ſehr kalkreiche Lehmmergel, auszuwählen iſt.

Der Mergel zerfällt, wenn er einige Zeit in Haufen auf dem Felde gelegen hat, sehr leicht; seine Anwendung ist daher immer vortheilhafter, als die getrennte Zufuhr von Lehm und Kalk.

Wenn man den Mergel mit Säuren (Salzsäure, Salpetersäure) übergießt, so verbinden sich diese mit der Kalkerde und treiben die Kohlensäure, welche aufbrausend entweicht, aus. Nach dieser Gasentwickelung kann man daher schon einen ungefähren Schluß auf den Kalkgehalt, welcher in den verschiedensten Mengen in den Mergelarten auftritt, machen. Will man denselben jedoch genauer bestimmen, so wäscht man eine gewogene Quantität des Mergels mit verdünnter Säure (nicht Schwefelsäure) aus, und kann den Gewichtsverlust, welchen der Mergel dadurch erlitten, als seinen Gehalt an kohlensaurer Kalkerde mit ziemlicher Genauigkeit repräsentirend, betrachten.

12. Der Gips.

Der Gips besteht aus schwefelsaurer Kalkerde und Wasser. Die Schwefelsäure gehört zu denjenigen Nahrungsmitteln der Gewächse, welche zur Entwickelung derselben zwar ebenso unumgänglich nothwendig sind, wie alle übrigen, welche aber zur Bildung der Pflanzensubstanz nur in einer sehr geringen Menge, von welcher man mit gutem Grund voraussetzen kann, daß sie in jedem Ackerboden, und zumal in dem in guter Cultur und Dungkraft stehenden (und auf einen solchen Boden wirkt der Gyps vorzugsweise) überreichlich vorhanden ist, verbraucht werden. Daraus würde also folgen, daß der Gips durch seinen Gehalt an Schwefelsäure nicht direct nährend auf die Pflanzen einwirken kann. Ob dasselbe auch von seinem Gehalt an Kalkerde behauptet werden darf, ist zweifelhaft. Wir haben zwar so eben gesehen, daß die Düngung mit kohlensaurem Kalk in den bei weitem meisten Fällen keine direct nährende Wirkung haben kann; die Gründe aber, welche diese Ansicht unterstützen, passen nicht durchweg auf die Zufuhr von schwefelsaurer Kalkerde. Wenn in einem Boden so viel kohlensaure Kalkerde vorhanden ist, daß die Ackerflüssigkeit sich vollkommen damit sättigt, so kann natürlich von dem weiter hineingebrachten kohlensauren Kalk nichts mehr in Lösung übergehen, und derselbe also auch durchaus nicht direct ernährend auf die Pflanzen einwirken. Anders ist das mit dem Gips. Wenn die Bodenlösung

auch schon mit kohlensaurer Kalkerde gesättigt ist, so kann sie dennoch eine nicht unbedeutende Menge von schwefelsaurer Kalkerde aufnehmen. Durch die Zufuhr von Gips wird also unter allen Umständen die Ackerflüssigkeit concentrirter an Kalk; es gelangt in ähnlichem Verhältnisse demnach auch in einer und derselben Zeit mehr Kalk in die Pflanzen, und die Folge davon kann eine beschleunigte Assimilation, ein vermehrtes Wachsthum sein. Für die Ansicht, daß der Gips auf solche Weise durch seinen Kalkgehalt unmittelbar nährend wirkt, ließe sich noch die Thatsache beibringen, daß derselbe fast einzig und allein, oder doch jedenfalls außerordentlich vorwiegend, nur auf die schmetterlingsblüthigen Gewächse, welche alle ausgezeichnet sind durch einen hohen Kalkgehalt ihrer Asche, befruchtend wirkt. Diese Erscheinung kann aber noch in anderweitigen Verhältnissen ihre Erklärung finden, und es läßt sich nicht leugnen, daß noch keine genügenden Beweise für die Ansicht, nach welcher der Gips als kalkzuführendes Nahrungsmittel die Vegetation befördere, vorliegen. Ebenso wenig stichhaltig sind auf der anderen Seite aber auch diejenigen Beweise, welche man gegen eine solche Wirkungsweise vorgebracht hat, und welche sich hauptsächlich darauf stützen, daß in der Asche der gegipsten Pflanzen nur wenig mehr Schwefelsäure gefunden wird, als in der Asche der nicht gegipsten. Aus dieser Thatsache glaubte man, jedoch mit Unrecht, schließen zu dürfen, daß die gegipsten Pflanzen nur wenig Gips aufgenommen hätten. Vergleichende Vegetationsversuche, und die Analysen der geernteten Pflanzenmassen ergaben, daß von einer ungegipsten Ackerfläche in dem Klee in einem Jahr 4,4 Schwefelsäure und 32,2 Kalkerde, dagegen von derselben *gegipsten* Ackerfläche (in der bedeutend größeren Ernte) 9,2 Schwefelsäure und 79,4 Kalkerde genommen worden waren; in dem folgenden Jahre enthielt die Ernte der ungegipsten Fläche 3,0 Schwefelsäure, und 32,2 Kalkerde, die des gegipsten Ackers aber 9,0 Schwefelsäure und 102,8 Kalkerde. Es war mithin in der Ernte des gegipsten Ackers *mehr* enthalten, als in der des ungegipsten:

im ersten Jahre an Schwefelsäure 4,8, an Kalkerde 47,2
im zweiten „ „ „ 6,0, „ „ 70,6.

Mit 4,8 Schwefelsäure verbinden sich 3,4 Kalkerde
und mit 6,0 „ „ „ 4,2 „

zu Gips. Von den 47,2 Kalkerde, welche die Ernte des gegipsten

Ackers im ersten Jahre, und von den 70,6, welche sie im zweiten Jahre mehr enthielt, als die Ernte des ungegipsten Ackers, konnten daher, so hat man geschlossen, höchstens nur 3,4 resp. 4,2 in Form von Gips in die Pflanzen eingedrungen sein; die übrig bleibenden 46,8 und 66,2 Theile mußten in Form von kohlensaurer oder phosphorsaurer Kalkerde aufgenommen worden sein. Die 8,2 Gips, welche nach dieser Ansicht in dem einen, und die 10,2, welche in dem anderen Jahre im günstigsten Falle nur aufgenommen sein konnten, sind zu verschwindend klein (es handelt sich hier um eine Ackerfläche von circa 2 Magdeb. Morgen), um die auffallend günstige Wirkung des Gipses erklären zu können.

Dieser Einwurf, durch welchen man die Annahme einer directen Ernährungsfähigkeit des Gipses ganz vollkommen widerlegt zu haben meinte, gründet sich auf der Ansicht, daß von denjenigen Stoffen (wenigstens den mineralischen), welche einmal in die Pflanzen eingedrungen sind, nichts wieder ausgeführt werden kann, und daß man daher aus der Menge von mineralischen Bestandtheilen, welche in den Pflanzen gefunden werden, unbedingt auf die Menge der überhaupt einmal von denselben aufgenommenen Salze schließen darf. Diese Ansicht ist jedoch durch gar keine thatsächlichen Beobachtungen bewiesen; im Gegentheil führen uns alle Betrachtungen darauf hin, daß die in die Pflanzen eingedrungenen Stoffe, so lange sie selbst sowohl, als die Membranen der Pflanzen unverändert geblieben, oder so lange sie und ihre Zersetzungs- und Umbildungsprodukte überhaupt im Stande sind, die Membranen zu durchdringen, ebenso gut wieder aus den Pflanzen austreten können, sobald die endosmotischen Verhältnisse es gestatten und verlangen, als sie eingeführt werden konnten und mußten (vergl. den Abschnitt über die Aufnahme der Nahrungsmittel S. 117). Wenn daher der Gips in den Pflanzenzellen auf eine solche Weise zersetzt wird, daß die Kalkerde assimilirt und gebunden wird, die davon getrennte Schwefelsäure aber in dem unassimilirten Nahrungssafte aufgelöst bleibt, so ist kein Grund vorhanden, welcher der Annahme, daß die überschüssige Schwefelsäure wieder aus den Pflanzen entfernt werde, entgegenstände. Aus der Menge der Schwefelsäure, welche sich in der Asche der Pflanzen findet, läßt sich daher durchaus nicht mit Bestimmtheit auf die Quantität des Gipses schließen, welche während der Vegetation von den Pflanzen aufgenommen, und deren

Kalkerde assimilirt wurde. Von den früher erwähnten 47,2 und 70,6 Kalkerde, welche in der gegipsten Ernte mehr enthalten waren, als in der ungegipsten, konnten also nicht etwa höchstens nur 3,4, resp. 4,2 Th., sondern möglicher Weise sogar der größte Theil in Form von Gips aufgenommen worden sein. Ob aber, wenn dies wirklich der Fall sein sollte, der Kalkgehalt der Ernte nicht ebenso gut von der kohlensauren Kalkerde des Bodens genommen werden konnte; ob, mit anderen Worten, die Gipszufuhr, als Kalkquelle der Pflanzen, die Erhöhung der Ernte bedingte, das ist allerdings noch eine andere Frage, deren Entscheidung weiteren Beobachtungen und Untersuchungen überlassen bleiben muß.

Die befruchtende Wirkung des Gipses kann noch auf eine andere Weise, als durch die directe Ernährungsfähigkeit seiner Bestandtheile, erklärt werden; nämlich dadurch, daß der Gips die bessere Ausnutzung des atmosphärischen Ammoniaks bewirkt; und es scheint fast, als ob die Mehrzahl der Beobachtungen für diese letztgenannte Ansicht sprechen.

Wenn man eine klare Auflösung von Gips in Wasser mit einer Lösung von kohlensaurem Ammoniak vermischt, so scheidet sich sofort kohlensaure Kalkerde als weißes Pulver aus, und in der Auflösung findet sich schwefelsaures Ammoniak. Die schwefelsaure Kalkerde und das kohlensaure Ammoniak haben also ihre Säuren gegenseitig vertauscht; das Ammoniak ist dadurch in ein weit weniger flüchtiges Salz übergeführt. Der Gips, welcher auf die Blätter der jungen Pflanzen gestreut wird, löst sich in dem Thauwasser auf, und zersetzt sich mit dem in jenem Wasser vorhandenen kohlensauren Ammoniak, auf die eben beschriebene Weise. Das kohlensaure Ammoniak wäre mit dem abdunstenden Thauwasser wieder in die Atmosphäre übergegangen; das gebildete schwefelsaure Salz aber muß wegen seiner geringen Flüchtigkeit zurückbleiben. Dasselbe mag theilweise durch die Spaltöffnungen der Oberhaut von den Blättern selbst aufgenommen werden; zum größeren Theil aber wird es mit den herabfallenden Thautropfen und durch das Regenwasser in den Boden und an die Wurzeln der Pflanzen gebracht. Der Gips wirkte nach dieser Ansicht ganz eigenthümlich und abweichend von allen früher besprochenen Düngungsmitteln; er wirkte danach nicht als directes Nahrungsmittel, auch nicht dadurch, daß er, wie der kohlensaure Kalk ꝛc., die Zersetzung der unlöslichen Dungstoffe befördert; sondern dadurch, daß er die dem Boden aus der Atmosphäre zuge-

führte Menge von Ammoniak bindet und somit ihre vollständige Ausnutzung ermöglicht. Die Wirkung der Gipsdüngung wäre demnach ganz gleich zu achten einer directen Zufuhr von Ammoniaksalzen.

Die erwähnte Doppelzersetzung zwischen dem Gips und dem kohlensauren Ammoniak findet nur statt bei Gegenwart von hinreichendem lösenden Wasser. Bei dem gewöhnlichen Feuchtigkeitszustande der Ackerkrume zersetzt sich gerade umgekehrt die kohlensaure Kalkerde mit dem schwefelsauren Ammoniak zu schwefelsaurer Kalkerde (Gips) und kohlensaurem Ammoniak. Deshalb läßt sich nicht wohl annehmen, daß der Gips durch die Fixirung des während der Zersetzung der Bodenbestandtheile und des Düngers entwickelten kohlensauren Ammoniaks wirke. Wenn auch *unter gewissen Verhältnissen* im Boden eine solche Fixirung wirklich statt hat, und dafür sprechen allerdings einige Beobachtungen, so beweist doch die Thatsache, daß der Gips auf Halmfrüchte, wo eine Verflüchtigung von Ammoniak aus dem Boden am allererſten zu befürchten ist, fast gar keine Wirkung ausübt, dagegen aber das Wachsthum der dichtbeschattenden Laubpflanzen, welche durch die Bedeckung die Verflüchtigung am meisten behindern, gerade vorzugsweise befördert; so beweist doch, wie gesagt, diese Thatsache unleugbar, daß die Bedeutung des Gipses in der Fixirung des kohlensauren Ammoniaks des *Bodens* nicht allein gesucht werden darf.

Wenn aber die Wirkung des Gipses durch die Fixirung des Ammoniaks der *atmosphärischen Wasser*, namentlich des Thauwassers, erklärt werden soll, so folgt aus dieser Annahme unmittelbar, daß der Gips in dem Maße günstiger wirken muß, als die Menge der Thauniederschläge zunimmt. Und dies ist in der That fast durchgehends der Fall. Die schmetterlingsblüthigen Gewächse, Klee, Luzerne, Esparsette, Erbsen, Lupinen ꝛc., sind es, welche die Thauniederschläge am meisten befördern, und sie sind zu gleicher Zeit auch diejenigen, auf welche eine Gipsdüngung den größten Einfluß hat. (Auf solche Weise verliert der Umstand, daß jene Gewächse eine besonders große Menge von Kalk in ihrer Asche enthalten, als Beweis für die direct nährende Wirkung des Gipses von seiner Bedeutung.) Im Allgemeinen wirkt ferner der Gips am meisten in denjenigen Ländern, welche ausgezeichnet sind durch ihre feuchte Atmosphäre und die Menge und Häufigkeit der Niederschläge; und in den verschiedenen Jahreszeiten sind es wiederum die feuchten, ruhigen Tage des Frühlings, welche einer Gipsdüngung

ihren Erfolg sichern. Die in Rede stehende Theorie der Wirkungsweise des Gipses erhält noch eine weitere Stütze in der Erfahrung, daß der Gips, um einen deutlichen Einfluß ausüben zu können, auf die bethauten jungen Pflanzen gestreut werden muß, damit er auf den Blättern haften bleibt, und daß er fast ohne alle Folgen ist, wenn dem Ausstreuen ein starker Regen folgt, welcher ihn von den Blättern ab und in den Boden hinein wäscht.

Eine Thatsache, welche der Ansicht, daß der Gips hauptsächlich durch die Fixirung des Ammoniaks der wässerigen Niederschläge wirke, entgegensteht, dürfen wir jedoch nicht verschweigen. Der Gips hat nämlich keinen, oder doch nur einen sehr unbedeutenden Einfluß auf die Pflanzen, welche zur Familie der Cruciferen gehören, obgleich einige von denselben, wie namentlich der Raps, ebenfalls starke Thauniederschläge veranlassen. Man erklärt diese Erscheinung gewöhnlich dadurch, daß die Blätter des Rapses weit weniger zart und deshalb auch weit weniger geeignet für die Aufnahme des Ammoniaks seien, als die Blätter der schmetterlingsblüthigen Gewächse. Diese Erklärung ist aber jedenfalls ungenügend. Denn die Aufnahme der Stoffe durch die Blätter erfolgt immer nur durch die Spaltöffnungen der Oberhaut; die mit einer Cuticularschicht überzogene Epidermis selbst läßt, wie zart sie sich auch immer anfühlen mag, keine Lösungen durchdringen. Ob die Blätter des Rapses vielleicht weniger Spaltöffnungen besitzen, als der Klee ꝛc. ist nicht nachgewiesen. Sehr wahrscheinlich nimmt aber auch der Klee von dem, durch den Gips gebildeten, schwefelsauren Ammoniak nur den geringsten Theil durch die Blätter auf; und für alle Fälle müßte es ziemlich gleichgültig für die Entwickelung der Gewächse sein, ob das Ammoniaksalz durch die Blätter oder durch die Wurzeln eingeführt wird. Wenn nur der Gips auf den Blättern des Rapses eine gleiche Menge von Ammoniak als schwefelsaures Salz fixirt, als auf den Blättern des Klees, so führt er auch beiden Pflanzen eine gleiche Menge davon zu; denn durch einen folgenden Regen muß dasselbe immer in den Boden hinabgespült werden. Und man sollte sogar meinen, daß diejenigen Pflanzen, denen die Fähigkeit Ammoniak durch ihre Blätter aufzunehmen, vollständig abgeht, von einer Gipsdüngung mehr Nutzen haben müßten, als diejenigen, welche gewisse Quantitäten durch ihre Blätter einzuführen vermögen. Denn letzteren käme auch ohne Gips von dem kohlensauren Ammoniak des, die Blätter

benetzenden Thaues ein Theil (den sie während der Benetzung aufnehmen) zu gute; während den ersteren in dem abdunstenden Thauwasser wieder alles darin gelöste kohlensaure Ammoniak ungenutzt entzogen wird. Durch die Fixirung vermittelst des Gipses müßte für erstere daher eine größere Quantität Ammoniak gewonnen werden, als für die letzteren. Wenn der Gips daher wirklich nur durch seine Ammoniak bindende Eigenschaft günstig auf die Entwickelung der Gewächse einwirkt, so bedarf die Erscheinung, daß er auf die blattreichen Cruciferen keinen Einfluß hat, noch einer anderweitigen Erklärung. Vor der Hand aber können wir noch für keine der angeführten Theorien der Gipsdüngung entscheidende thatsächliche Beweise beibringen.

Wenn man mitunter den Gips nicht sowohl als das niedergeschlagene Ammoniak bindend, als vielmehr das Ammoniak der Atmosphäre auf die Pflanzen herabziehend, hat wirken lassen wollen; so ist diese Vorstellung im Allgemeinen ungenau. Denn der Gips kann überhaupt auf das kohlensaure Ammoniak nur so lange reagiren, als er sich im gelösten Zustande befindet; wenn er aber durch die wässerigen Niederschläge gelöst worden ist, so befindet sich in in der Atmosphäre entweder gar kein, oder doch nur sehr wenig Ammoniak, da der größte Theil in den Niederschlägen aufgelöst aus der Luft entfernt wurde. In den trockenen Zeiten aber, wo die Atmosphäre größere Mengen von Ammoniak enthält, kann wiederum der ungelöste Gips nicht auf dasselbe einwirken. Ueberhaupt aber muß die anziehende, absorbirende Wirkung immer von dem Wasser ausgehen; der Gips in der Lösung kann nur das absorbirte Ammoniak in das schwefelsaure Salz überführen und dadurch fixiren.

Wenn gewöhnlich mit Nachdruck, als auf eine eigenthümliche Erscheinung, darauf hingewiesen wird, daß der Gips überhaupt, und ganz besonders auf den Klee, nur da eine hervortretende Wirkung ausübt, wo der Boden warmgründig ist, und sich außerdem noch in guter Cultur und Dungkraft befindet; so ist dies Verhältniß durchaus gar nicht auffallend, sondern kann als ganz selbstverständlich hingestellt werden. Denn es ist natürlich, daß der Gips nur da einen üppigen Kleewuchs veranlassen kann, wo die anderweitig erforderlichen Bedingungen für einen solchen vorhanden sind; wo also die die Ernährung vermittelnden Eigenschaften des Bodens einen üppigen Kleewuchs ge-

ſtatten, und wo alle übrigen Nahrungsmittel, welche der Gips weder direct noch indirect zuführt, in hinreichender Menge zugegen ſind.

Wenn der Gips in kohlenſaure Kalkerde übergeführt iſt, wirkt er natürlich mit den zerſetzenden Eigenſchaften dieſes Salzes auf die Bodenbeſtandtheile ein. —

Es giebt noch einige andere ſchwefelſaure Salze, welche ſich ganz ähnlich wie der Gips mit dem kohlenſauren Ammoniak zu zerſetzen vermögen. Von dieſen wird als Düngungsmittel mitunter das ſchwefelſaure Eiſenoxydul (Eiſenvitriol) angewandt. Seine Wirkung iſt der des Gipſes ganz ähnlich, in manchen Fällen jedoch noch energiſcher. Man muß ſich aber wohl in Acht nehmen, daß nicht größere Quantitäten von Eiſenvitriol mit einem Male angewandt werden, oder muß doch wenigſtens verhüten, daß nicht eine ſtärkere Löſung davon auf den Blättern haften bleibt, denn in dieſem Falle wirkt das Eiſenſalz zerſtörend auf die berührten Theile der Blätter ein.

Die Incruſtationen der Salinen-Gradirwerke kommen unter dem Namen Düngerſalz in den Handel. Dieſelben beſtehen der Hauptſache nach aus Gips, und ihre Wirkung iſt daher von derjenigen des Gipſes nicht verſchieden.

13. Die Gründüngung.

Unter Gründüngung verſteht man im Allgemeinen das Unterpflügen ganzer Saaten in ihrer unreifen, grünen Vegetationsperiode (meiſt zur Zeit der Blüthe).

Die einfachſte und ſchon ſeit Alters gebräuchliche Gründüngung iſt der ſogenannte Dreeſch. Die Aecker werden nur nach einer Reihe von Jahren wiederkehrend beſtellt, bleiben danach unberührt liegen, und überziehen ſich mit einer natürlichen Flora, welche die vorhandenen ſpärlichen Nahrungsſtoffe ſammelt und bindet, um dieſelben, nachdem ſie durch Unterpflügen der Zerſetzung anheimgefallen, der wieder nachfolgenden Kornſaat darzubieten. Wenn man nun den Acker, anſtatt ihn ſich natürlich benarben zu laſſen, künſtlich mit ſolchen Pflanzen beſäet, welche ſich unter den obwaltenden Umſtänden üppiger zu entwickeln vermögen, ſo wird man in einer kürzeren Zeit daſſelbe erreichen, was ein langjähriger Dreeſch bewirkt; der Zwiſchenraum, innerhalb welchen die Kornſaaten einander folgen können, wird abgekürzt. Wir werden

unter Gründüngung nur das Unterpflügen der künstlich angesäeten Pflanzen verstehen. Zu diesem Zwecke sind in der neueren Zeit die Lupinen in großem Maßstabe verwandt; und wo von Gründüngung die Rede ist, bezieht man dieselbe fast ohne weiteres auf die Lupinen. Zur Gründüngung muß natürlich diejenige Pflanze die brauchbarste und vortheilhafteste sein, welche sich am besten entwickelt, welche die größte düngende Masse liefert, besonders, wenn sie dieselbe aus Nahrungsmittelquellen, welche die übrigen Getreidepflanzen nicht in gleichem Maße auszunutzen im Stande sind, bilden; und hier giebt es, namentlich für die leichteren Bodenarten, welche immer das eigentliche Feld der Gründüngung bleiben werden, in der That keine andere Pflanze, welche den Lupinen nur entfernt zur Seite gestellt werden könnte. Es fragt sich nun, welche Bedeutung die Gründüngung hat, ob sie als eine wirkliche Düngung anzusehen ist, d. h., ob sie dem Boden Dungstoffe zuführt, und welche.

Jeder Pflanzenstoff ist, wie wir wissen, Dünger; d. h. er zerfällt in kürzerer Zeit, und seine Bestandtheile gruppiren sich während der Zersetzung zu den Nahrungsmitteln der Gewächse. Die Lupinen sind ausgezeichnet durch einen hohen Gehalt an Stickstoff, an Phosphorsäure, an Kali ꝛc.; eine unterzupflügende üppige Lupinenmasse enthält in sich von allen Stoffen mehr, als eine gute Ernte der nachfolgenden Frucht assimilirt, und sie stellt insofern für den Acker, welcher Lupinen getragen hat (in Bezug auf seine Zusammensetzung nach der Erzeugung der Lupinenmasse) eine ganz vollständige Düngung dar. Wenn wir aber den Zustand des Ackerbodens vor der Einsaat der Lupinen mit demjenigen vergleichen, in welchem er sich nach dem Unterpflügen ihrer grünen Krautmasse befindet, so ergiebt sich, daß der Boden durch die Gründüngung offenbar nur an denjenigen Stoffen bereichert worden ist, welche die untergepflügten Pflanzen der atmosphärischen Luft entnommen hatten; denn von allen übrigen erhält er eben nur wieder, was er während der Vegetationszeit hergegeben hatte. Bereichert wird ein Boden durch die Gründüngung daher ohne Zweifel an einer nicht unbeträchtlichen Quantität von humusbildenden Substanzen; und an stickstoffhaltigen, ammoniakbildenden Verbindungen durch denjenigen Antheil, welchen die Pflanzen aus dem Ammoniakgehalt der Atmosphäre gebildet hatten. Wie groß dieser Antheil ist, kann leider zur Zeit durchaus nicht mit Bestimmtheit angegeben wer-

den, da keine Unterſuchungen darüber vorliegen; es läßt ſich daher auch, ſo lange dieſe Frage nicht entſchieden, keine allgemein gültige Anſicht über die ganze Bedeutung der Gründüngung ausſprechen. Verſuche mit in Töpfen gepflanzten Lupinen haben zwar ergeben, daß dieſelben der Atmoſphäre nur ganz unbedeutende Mengen von Stickſtoff (Ammoniak) zu entnehmen vermögen; aber zwiſchen der Lage, in welcher ſich die geſchützt im Topfe ſtehende Lupinenpflanze befindet, und zwiſchen derjenigen, in welcher wir die geſchloſſen ſtehenden Pflanzen auf dem freien Felde ſehen, iſt ein ganz bedeutender Unterſchied. Daß die Pflanzen überhaupt von dem freien trockenen Ammoniakgas der Luft höchſtens nur ſehr geringe Mengen aſſimiliren können, iſt ſchon früher angegeben worden; der größte Theil des atmoſphäriſchen Ammoniaks wird ihnen, in den wäſſerigen Niederſchlägen gelöſt, zugeführt. Die vollkommen geſchützte Pflanze kann gar keine Thauniederſchläge veranlaſſen; die zwar nicht geſchützt, aber einzeln ſtehende bethauet in gewiſſem Grade, vermag aber die Niederſchläge (ſowohl der Blätter als des Bodens) nur ſehr kurze Zeit der Verdunſtung gegenüber feſtzuhalten. Alle dieſe Verhältniſſe ſind für die Pflanzen auf dem Felde anders, ſie ſind um ſo günſtiger, je dichter und gedrängter dieſelben ſtehen. Wenn es erlaubt iſt, nicht experimentell begründete Vermuthungen auszuſprechen, ſo erſcheint es als wahrſcheinlich, daß die Lupinen in der Maſſe der Thauniederſchläge, die ſie veranlaſſen, und in dem Regenwaſſer, deſſen Verdunſtung die dichte Laubdecke erſchwert, einen großen Theil ihres Stickſtoffgehaltes der Atmoſphäre entnehmen. Durch die Lupinendüngung würde, wenn dies richtig iſt, dem Boden neben der humusbildenden Subſtanz auch noch *Stickſtoff* zugeführt.

In Betreff der übrigen Nahrungsmittel aber, in Betreff der ganzen Reihe von Aſchenbeſtandtheilen, wird der Acker durch die Gründüngung gar nicht bereichert, und deshalb kann dieſelbe die Stalldüngung, oder jede andere *vollſtändige* Düngung andauernd nicht erſetzen. Wo ſie als alleinige Düngung angewandt wird, da muß der Boden mit der Zeit an den Aſchenbeſtandtheilen verarmen, und er wird bald, und zwar zuerſt aus Mangel an Phosphorſäure und an Kali, aufhören ertragsfähig zu ſein; d. h. er wird auch aufhören, die zur Gründüngung benutzte Pflanze zu produciren, denn ſo lange dieſe in voller Ueppigkeit wächſt, iſt noch kein Mangel an unorganiſchen Salzen im Boden vorhanden, und ſo lange wird auch die Grün-

düngung den vollständigen Dünger vertreten können. Von diesen Betrachtungen ausgehend hat man denn auch neuerdings gerathen, den Lupinen eine Aschendüngung zu geben.

Wir müssen hier jedoch darauf verweisen, daß die obige, die Aschenbestandtheile betreffende Ansicht, wie überhaupt die gewöhnlichen Berechnungen über die Erschöpfung des Ackerbodens an unorganischen Salzen, einzig und allein anwendbar sind auf eine vollkommen begrenzte Ackerkrume, welche aus den darunterliegenden Erdschichten keinen Zuschuß erhält. Die unorganischen Bestandtheile der Ernte, so rechnet man, konnte nur der Boden liefern; sie können ihm nicht anders ersetzt werden, als durch die Düngung, und wenn sie ihm durch dieselbe nicht ersetzt werden, so ist die Ackerkrume um die ganze Summe derselben ärmer geworden. Diese Ansicht ist, wie gesagt, nicht für alle Fälle richtig, und sie wird gerade auf den leichten durchlassenden Boden bezogen (den eigentlichen Lupinenboden), am häufigsten und am weitesten von der Wahrheit abweichen. Wir haben schon öfters auf das Wasser aufmerksam gemacht, welches sich durch die losen Erdschichten verbreitet und durch die Capillarattraction (auch durch hydrostatischen Druck) gehoben der Ackerkrume und den Wurzeln der Gewächse zuströmt. Dieses Wasser ist, wie ebenfalls schon angeführt wurde, und wie das harte Brunnenwasser deutlich zeigt, nicht arm an unorganischen pflanzennährenden Salzen; ja es enthält in manchen Fällen sogar beachtenswerthe Mengen von Ammoniak und ammoniakbildenden stickstoffhaltigen Substanzen. Wo also ein solcher Wasserstrom der Ackerkrume zufließt, da stellt er für diese eine Quelle von unorganischen Salzen dar, und ersetzt einen größeren oder geringeren Antheil von denjenigen, welche mit der Ernte dem Boden entzogen wurden. Für diese Aecker ist mithin ein vollständiger Ersatz durch die Düngung nicht nothwendig, um den status quo zu erhalten. Daß die Zufuhr von Pflanzennahrungsmitteln durch das aufsteigende Wasser in manchen Fällen nicht unbedeutend sein kann, beweist eben der fortgesetzte Lupinenbau. Man baut an einigen Orten schon seit einer Reihe von Jahren abwechselnd Lupinen und Roggen, ohne dem Boden, außer der Lupinengründüngung, anderweitig Dung zuzuführen, und bis jetzt hat man noch keine Abnahme der Ertragsfähigkeit jener Aecker bemerkt, sondern dieselben haben sich sogar augenscheinlich verbessert. Die betreffenden Aecker besaßen nicht etwa eine alte Dung-

kraft, ſondern gehören zu den ganz leichten Sandbodenklaſſen. Dieſe Bodenarten ſind in der Regel ſo arm an disponibelen Pflanzennahrungsmitteln, daß der Gehalt der Ackerkrume ſicher nicht genügt, um eine fortgeſetzte Abgabe, ohne erſichtliche Folgen, zu leiſten.

Für die Getreidearten reicht die durch die unteren Erdſchichten aufſteigende Nahrungsmittellöſung, wie unbegrenzt dieſelbe auch immer ſein mag, allein nicht hin zur Erzeugung eines üppigen Wachsthums, denn ſie iſt für dieſelben nicht ſtark genug concentrirt. Für die Lupinen aber genügt ſie; einmal weil dieſe Pflanzen eine weniger concentrirte Nahrungsmittellöſung verlangen, und weil ſie außerdem höchſt wahrſcheinlich den Ammoniakgehalt der Atmoſphäre beſſer auszunutzen vermögen, wie die Halmfrüchte. In Rückſicht auf ſolche waſſerdurchlaſſenden und von unten bewäſſerten Aecker gewinnt der Lupinenbau und die Lupinengründüngung eine ganz beſondere, wichtige Bedeutung; letztere kann unter ſolchen Umſtänden als eine vollſtändige Düngung betrachtet werden, indem ſie der Ackerkrume nicht allein Stickſtoff, ſondern auch alle unorganiſchen Salze zuführt, welche die Lupinen einer unbegrenzten Löſung entnehmen. Nach beiden Seiten hin, ſowohl aus der Atmoſphäre, als aus dem Boden, durch die Blätter und durch die Wurzeln, würden unter ſolchen Umſtänden die Lupinen aus unerſchöpflichen Quellen ihre Nahrungsmittel beziehen.

Während in den Bodenarten, welche wir hier vor Augen haben, die von unten aufſteigende Nahrungsmittellöſung für die Getreidearten nicht hinreicht, und nur ärmliche Pflanzen erzeugt, werden nach vorangegangener Gründüngung den folgenden Getreidearten neben dieſer Nahrungsmittellöſung noch diejenigen Stoffe geboten, welche die Lupinen während ihres Wachsthums geſammelt und fixirt hatten, oder doch wenigſtens der Theil von denſelben, welcher durch die Zerſetzung in aſſimilirbare Form gebracht worden iſt. Die auf ſolche Weiſe erheblich concentrirte nährende Löſung reicht dann auch zur üppigeren Entwickelung der Halmfrüchte und der übrigen Ackerbaupflanzen mehr oder weniger hin. Wo die Lupinen unter den angegebenen Verhältniſſen ihre Nahrung wirklich aus endloſen Vorräthen nehmen, da wird man abwechſelnd Lupinen und Roggen immer fortbauen können, ohne weitere Düngung; wenn nicht etwa bei ſolcher Fruchtfolge die Lupinen aus anderen, nicht die directe Ernährung betreffenden, Gründen mit der Zeit in ihrer üppigen Entwickelung zurückgehen ſollten.

Die Wirkung der Gründüngung hängt natürlich ab von der Schnelligkeit, mit welcher die grüne Krautmasse sich zersetzt und ihre Bestandtheile in lösliche Nahrungsstoffe überführt. Bei sonst gleichen Verhältnissen müssen diejenigen Pflanzen am vortheilhaftesten zur Gründüngung verwandt werden können, welche sich am schnellsten zersetzen; und ein und dieselbe Gründüngung wird in denjenigen Bodenarten (und ganz besonders auf die unmittelbar nachfolgende Saat) den größten Erfolg haben, welche die Zersetzung der organischen Substanzen am meisten befördern. Je reicher an Stickstoff die Organismen sind, desto rascher zerfallen sie im Allgemeinen; die Lupinen gehören zu den stickstoffreichsten Pflanzen, sie gehen daher sehr leicht in Verwesung über (mit Ausnahme der sehr holzigen Stengel), und eignen sich auch noch deshalb vorzüglich gut zur Gründüngung. Wie stark sich die Lupinen in größeren Haufen erhitzen, ist allgemein bekannt; die hohe Temperatur ist die Folge der raschen Zersetzung, und zeigt deren Fortschreiten deutlich an. Unter Umständen, welche der Verwesung überhaupt günstig sind, zerfallen die Lupinen in sehr kurzer Zeit in eine humose Masse mit durchdringendem Ammoniakgeruch.

Die Zersetzung der organischen Stoffe ist, wie wir wissen, von einem gewissen Feuchtigkeitszustand abhängig; große Nässe sowohl, als große Dürre verlangsamt und verhindert dieselbe. Auf nassen Aeckern, wird daher die Gründüngung keinen bald hervortretenden Erfolg haben können; ja es kann hier sogar bei sehr ungünstigen Verhältnissen durch die Masse der unzersetzt liegen bleibenden Pflanzensubstanz die Entwickelung der unmittelbar folgenden Saat beeinträchtigt werden. Die leichten, trockenen Aecker würden ebenfalls von der Gründüngung keinen Erfolg haben können, wenn sie nicht während des Winters immer feucht lägen und auch von der Winterfeuchtigkeit noch einen Theil durch die wärmere Jahreszeit, in welcher die Zersetzung erst energischer aufzutreten beginnt, zurückhielten. Am deutlichsten wird, wie gesagt, die Wirkung der Gründüngung sich immer in dem feuchten, lockeren, warmgründigen Boden, welcher der Zersetzung am günstigsten ist, zeigen.

Bei der Gründüngung überhaupt, und ganz besonders bei der Lupinengründüngung, ist aber wohl zu beachten, daß ihre Bedeutung und ihr Erfolg nicht allein nach dem erhöhten Ertrage der nachfolgenden Ernte abgeschätzt werden kann. Die gesteigerte Fruchtbarkeit ist hier nicht allein die Folge der Gründüngung, sondern die Folge

der üppigen, dicht beschattenden Vegetation und deren Einflusses auf die Beschaffenheit des Bodens. Auch nach den abgeernteten Lupinen bemerkt man ein üppigeres Wachsthum; die Lupinen sind eine gute Vorfrucht, namentlich vor den Winterhalmfrüchten, über deren Bedeutung, welche ganz unabhängig von der Gründüngung ist, in den folgenden Abschnitten über die Bedeckung und Beschattung des Bodens und über die Wechselwirthschaft ausführlicher gesprochen werden soll. —

Wenn die Lupinen durchaus gar nicht weiter, als zur Gründüngung benutzt werden könnten, so besäßen sie schon, und ganz besonders für die leichten Bodenarten, einen hohen Werth; da sie nun aber in der That ein Futtermittel, und zwar ein gut nährendes, darstellen: so fragt es sich, ob ihre Benutzung (so wie diejenige aller übrigen Pflanzen, welche als Futter zu gebrauchen sind) zur Gründüngung noch vortheilhaft bleibt; oder ob sie nicht etwa als Futter höher ausgenutzt werden.

Wenn eine Pflanzenmasse ohne Weiteres der Zersetznng anheimfällt, so liefert sie durch diefelbe eine größere Quantität von Pflanzennahrungsmitteln, als der Dung, welcher von einer gleichen, verfütterten Pflanzenmasse gewonnen wird. Denn von dem Futter gehen während seines Durchganges durch den Thierkörper bestimmte Stoffe durch die Ausathmung und Ausdünstung für die sammelbaren Excremente verloren, und ein anderer Theil wird zur Vergrößerung des Körpergewichts (Fleischproduction) zur Bildung der Milch und Wolle verwandt. Es handelt sich nun darum, zu bestimmen, wie sich der Werth dieser thierischen Producte zu dem Werthe der verloren gegangenen Dungstoffe plus den Kosten der Futtererwerbung, Dungabfuhr ꝛc. verhält. Nehmen wir beispielshalber an, daß eine Kuh (durch Milch und Kalb) einen jährlichen Ertrag von 40 Thlr. liefert, und daß 4 oder 5 Morgen Acker so viel Lupinen produciren, als zur Erhaltung der Kuh hinreichen; so verwerthet sich also ein Morgen zu 10 oder 8 Thlr. plus dem gewonnenen Dung. Durch die Verfütterung haben wir im Vergleich zur Gründüngung gewonnen: 10 oder 8 Thlr.; verloren: 1. die Stoffe, welche in dem Dünger weniger enthalten sind, als in den unverfütterten Lupinen, also namentlich humusbildende Verbindungen (Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff) und Stickstoff, neben geringeren Mengen von Aschenbestandtheilen; 2. die Kosten der Futtergewinnung; 3. die Kosten der Abfuhr und Ausbreitung des gewon-

nenen Düngers. Die sub 1 genannten Dungstoffe können etwa auf 2 Thlr. veranschlagt werden; die sub 2 und 3 genannten Kosten können natürlich nur mit Rücksicht auf ganz bestimmte Verhältnisse näher angegeben werden. Von diesen letzteren wird es daher zunächst abhängen, ob sich die Verfütterung der Lupinen besser bezahlt macht, als das directe Unterpflügen derselben. Dabei ist aber noch wohl zu berücksichtigen: auf der einen Seite, daß der Stalldünger (wenn er zweckmäßig behandelt wurde) trotz der geringeren Menge von Dungstoffen, für viele Bodenarten schneller wirken wird, als die Gründüngung, weil er schneller zerfällt, und daß von diesem Umstande sehr häufig die Verwerthung der düngenden Substanzen abhängt; auf der anderen Seite, daß für ganz leichte Bodenarten die Wirkung der Bedeckung (und Befestigung), welche die grün untergepflügten Pflanzen, sowohl die wirklich untergebrachten, als die auf der Oberfläche verbleibenden, oder durch die Eggen wieder heraufgebrachten, auf den Ackerboden ausüben, von so erheblich günstigen Folgen sein kann, daß sie bei Abwägung der in Rede stehenden Verhältnisse nicht aus den Augen gelassen werden darf.

Einfacher, aber freilich weniger genau, kann man die Frage so stellen: wie groß ist der Unterschied zwischen der Ernte des Winterroggens (oder der anderen folgenden Feldfrüchte) auf dem Boden, auf welchem die Lupinen grün untergepflügt wurden, und auf demjenigen, welcher mit dem von seiner Lupinenernte gewonnenen Stalldung gedüngt wurde? Ist diese Differenz so groß, daß sie dem Nutzen, welchen die Verfütterung der Lupinen abwarf, minus den Kosten der Futtergewinnung, der Fütterung und Viehhaltung überhaupt und der Dungabfuhr entspricht? Weniger genau ist diese Rechnungsweise insofern, als sie die Veränderungen, welche der Boden bei der einen und der anderen Art der Düngung erfährt und welche sich erst durch fortgesetzte Beobachtungen in den nachfolgenden Jahren zu erkennen geben, nicht berücksichtigt.

Wenn man die Lupinen reif werden läßt, so geben dieselben einen erheblichen Körnerertrag, welcher sich gut verwerthen läßt. Kauft man mit einem Theile des Gewinnes so viel käuflichen Dünger, etwa Guano, als erforderlich ist, um die nachfolgende Ernte gleich derjenigen zu machen, welche die grün untergepflügten Lupinen geliefert haben würden, und als hinreicht um den Boden in denselben Zustand zu

bringen, als durch die Gründüngung; so wird in den meisten Fällen, wenigstens bei den jetzigen Preisen der Lupinen, noch ein guter Ueberschuß auf Seiten der Körnergewinnung bleiben.

So weit sich nun bei den wechselnden Verhältnissen eine allgemeine Ansicht aussprechen läßt, scheint es, als ob mit Ausnahme der ganz leichten Bodenklassen, das Unterpflügen der grünen Lupinen weniger vortheilhaft ist, als deren Verfütterung, und in vielen Fällen selbst weniger vortheilhaft, als die Samengewinnung.

Es sind zum öftern die Kosten der Lupinengründüngung und ihr Erfolg verglichen worden mit den Kosten und der Wirkung der gebräuchlichsten käuflichen Düngungsmittel; und die angewandte Berechnungsweise hat für erstere immer ein sehr günstiges Resultat gegeben. Als Kosten der Gründüngung hat man einfach den Werth der Einsaat und das Ackerlohn berechnet; als ihren Erfolg aber den Mehrertrag der Ernte. Oder man hat bei der Vergleichung auch wohl den Gehalt an Dungstoffen der unterzupflügenden Lupinenmassen mit demjenigen der käuflichen Dünger, oder des Stalldüngers verglichen. Diese Berechnungsweise ist in jeder Beziehung ungenau. Sie ist, was die Kosten der Gründüngung, oder deren Gehalt an Dungstoffen anbelangt, nur für den Fall richtig, daß die ganze Masse der Lupinen aus einer unerschöpflichen Quelle von Nahrungsmitteln gebildet wurde, welche die mit ihnen zu düngenden Gewächse nicht in demselben Maße auszunutzen vermögen; sie ist nur richtig in Betreff derjenigen Stoffe, an welchen die Ackerkrume durch die Gründüngung wirklich bereichert wird. Der Werth der übrigen Dungstoffe aber, welche dem Boden für die Bildung der folgenden Saat nicht hinzugefügt werden, muß, wenn deren Zufuhr überhaupt eine verwerthbare Bedeutung für den betreffenden Ackerboden hat, bei der Werthbestimmung der Gründüngung, oder bei dem Vergleiche derselben mit anderen Düngungsmitteln, in Abrechnung gebracht werden. Also nicht diejenigen Stoffe, welche mit den Lupinen, und in denselben, untergepflügt werden, sind als Dünger für den Boden zu berechnen, sondern nur diejenigen, welche der Boden durch die Gründüngung mehr erhalten hat, als er vor der Einsaat der unterzupflügenden Pflanzen besaß. Daß auf der anderen Seite der Erfolg der Gründüngung nicht nach dem Mehrertrag, welchen der betreffende Boden im Vergleich zu demjenigen brachte, welcher in der Zeit unbesäet und ungedüngt liegen geblieben

war, abgeschätzt werden kann, ist schon vorhin bemerkt worden; denn bereits während ihrer Vegetation wirken die üppigen, stark beschattenden Pflanzen auf den Boden in der günstigsten Weise. Ein Vergleich würde daher höchstens nur statthaft sein zwischen dem Ertrage desjenigen Bodens, auf welchem die Lupinen untergepflügt wurden, und desjenigen, von welchem die grün abgemäheten Pflanzen fortgenommen wurden. Hier wird der Unterschied in vielen Fällen nicht sehr bedeutend sein. Dabei muß aber wiederum zu Gunsten der Gründüngung berücksichtigt werden, daß ihr Erfolg in dem ersten Jahre nicht erschöpft ist, und das um so weniger, je verschlossener der betreffende Acker ist.

Bei der Vergleichung der Gründüngung mit den anderen käuflichen Düngungsmitteln ist auch noch darauf Rücksicht zu nehmen, daß die erstere den Ackerboden eine Vegetationsperiode hindurch in Anspruch nimmt. Wenn es daher überhaupt möglich ist, dem Boden während dieser Zeit durch eine andere Ernte einen Nutzen abzugewinnen, so muß dieser verloren gegangene Gewinn natürlich der Gründüngung zur Last geschrieben werden.

Da nun aber die Lupinen noch eine andere Verwerthung zulassen, als ihre Benutzung zur Gründüngung; da die grüne Pflanzenmasse als Futter einen ganz bestimmten Werth hat, den sie ganz sicher einbringt; so ist es klar, daß bei der Kostenberechnung der Gründüngung, und deren Vergleich mit ihrem Erfolg, im Allgemeinen nicht die Selbstkosten ihrer Herstellung, sondern derjenige Werth zu Grunde gelegt werden muß, welchen die Pflanzenmasse besitzt, und zu welchem sie jeden Augenblick anderweitig verwerthet werden kann. —

Was im Vorangehenden über die Gründüngung, namentlich über die Verwerthung der untergepflügten, im Vergleich zu der verfütterten, Pflanzenmasse gesagt wurde, findet seine Anwendung in ganz ähnlicher Weise auf die Strohdüngung. Die Berechnung gestaltet sich jedoch für die Verfütterung des Strohes noch günstiger, indem hier von ihrem Nutzen nicht die Kosten der Strohgewinnung (Mähen, Einfuhr ꝛc.) und der Dungfuhr in Abrechnung zu bringen sind. Das als Einstreu in die Viehställe benutzte Stroh führt dem Ackerboden seine Dungstoffe ebenso vollständig zu, wie das frische Stroh. Für die armen und leichten Bodenarten wird dazu das frische Stroh, wegen seiner Unaufgeschlossenheit und seiner lockernden Eigenschaft, gar

wenig Erfolg haben; für die schweren Bodenarten aber wird der Erfolg zum großen Theil der bewirkten mechanischen Auflockerung, der dadurch herbeigeführten stärkeren Zersetzung der unlöslichen Dungstoffe des Bodens ꝛc. zuzuschreiben sein, was durch den langen Stalldünger in derselben Weise erreicht werden kann.

14. Der Samendünger.

Auf die kräftige Entwickelung des Embryon, auf die anfängliche Erzeugung eines kräftigen Pflänzchens, kommt bei der Pflanzenproduction sehr viel an. Je größer die assimilirende, Pflanzenstoff erzeugende Masse, desto mehr wird unter sonst günstigen Verhältnissen assimilirt, desto beschleunigter ist das Wachsthum; denn die Aufnahme der Nahrungsmittel ist von dem Verbrauche abhängig, und, da die zuerst entwickelten Pflanzentheile alle Organe der Nahrungsmittelaufnahme darstellen, so wird auch diese erleichtert (was unter Umständen nicht ohne Bedeutung ist). Von diesem Gesichtspunkte aus hat die Samendüngung, die Incrustation der Samenkörner mit nährenden Stoffen, ihre berechtigte Bedeutung; insofern sie dem jungen Pflänzchen sogleich eine Fülle von Nahrungsmitteln darbietet, und dadurch seine kräftige Entwickelung befördert. Man weicht zu dem Ende die Samenkörner am besten 24 Stunden lang in Urin ein, und schippt die herausgenommenen nassen Körner mit einer Mischung von Asche und feinem Knochenmehl durch. Getrocknet sind die Samen alsdann mit einer Hülle von den letztgenannten Stoffen umgeben. Statt des Urins kann man sich auch vortheilhaft einer Auflösung von Leim bedienen.

Wenn in den öffentlichen Blättern Samendünger ausgeboten werden, welche jede andere Düngung vollständig ersetzen sollen, von denen, wie man angiebt, wenige Pfunde genügen, um auf einem ganzen Morgen Landes eine volle Ernte zu erzeugen; so braucht jetzt, bei der allgemeineren Aufklärung über die Bedingungen der Pflanzenernährung, auf das Schwindelhafte dieser Anpreisungen kaum mehr hingewiesen zu werden. Die Pflanzenmasse wird nicht aus Nichts erzeugt, sondern aus anderen Verbindungen zusammengesetzt; das Gewicht der producirten Ernte steht zu den verbrauchten Nahrungsmitteln in derselben Beziehung, wie das Gewicht der unorganischen Fabrikate zu

demjenigen der Rohstoffe. Diejenigen Nahrungsmittel, welche den Pflanzen nicht durch die Luft geliefert werden, und welche der Boden nicht in überschüssiger Menge enthält, welche also jedenfalls in der Düngung zugeführt werden müssen, bilden für den Morgen Ackerlandes noch ein ziemlich beträchtliches Gewicht, welches zu demjenigen, das von den beregten Samendüngern laut Anpreisung genügen soll, in gar keinem Vergleiche steht. Der Guano, Chilisalpeter ꝛc. stellen den Dünger fast in der möglichst concentrirten Form dar.

Ueber den Werth der Düngungsmittel, und die Methoden seiner Bestimmung.

Den großen Aufschwung, welchen der Ackerbau in der letzten Zeit genommen, verdankt er zweifelsohne zu einem großen Theile der Anwendung künstlicher, oder richtiger *käuflicher* Düngungsmittel. Die gesteigerte Nachfrage nach ihnen hat sehr bald den Markt mit einer großen Auswahl gefüllt; und die Frage nach dem Werthe der verschiedenen Düngungsmittel bekommt so neben dem rein wissenschaftlichen, ein vielleicht noch größeres praktisches Interesse.

Werth hat überhaupt das, was *verwerthet* werden kann. Für den Zweck des Ackerbaues hat alles das einen Werth, welches zur Erzeugung der Ackerbaupflanzen beiträgt; also namentlich alle diejenigen Stoffe und Verbindungen, welche die vegetabilische Substanz zusammensetzen, mit einem Worte, die Nahrungsmittel der Pflanzen. Wenn es sich um den Werth eines Gegenstandes handelt, so hat man zu unterscheiden zwischen dem Werthe, welchen derselbe *im Allgemeinen*, zur Erreichung *irgend eines* Zweckes besitzt, und zwischen demjenigen, welcher ihm zur Erreichung eines *bestimmten*, vorliegenden Zweckes beizulegen ist. Der erstere kann ein sehr hoher sein, während der letztere gleich Null ist. Für die Ernährung der Pflanzen hat nur eine beschränkte Reihe von Stoffen einen Werth; alle übrigen sind für dieselben völlig nutzlos. Und bei der Betrachtung der wirklichen *Pflanzennahrungsmittel* haben wir wiederum zu unterscheiden zwischen demjenigen Werth, welchen sie für den Zweck der

Ernährung überhaupt haben, und zwischen demjenigen, welchen sie auf dem Markte in Form von käuflichen Dungstoffen besitzen; demjenigen Werth also, welchen ihre Zufuhr zum Ackerboden in den vorliegenden Fällen hat. Diesen Werthen gegenüber steht noch der Handelspreis der Dungstoffe, welcher immer der ganz allgemeinen Verwerthbarkeit zu irgend einem Zwecke angepaßt ist, und daher mit dem Werth derselben für die Ernährung der Pflanzen, und für die Verwerthbarkeit im Ackerbau, zunächst nichts gemein hat. Die Phosphorsäure z. B. behält für die Erzeugung von Pflanzenstoff ewig ihren unwandelbaren Werth, mag der Handelspreis fallen oder steigen so viel er will. Der Ackerbautreibende kann von vorne herein nur denjenigen Preis festsetzen, welchen er für die Summe aller zu verarbeitenden Rohprodukte zahlen kann; dieser plus Productionskosten muß natürlich um ein Bestimmtes kleiner sein, als der Handelspreis des Produktes.

Was nun erstlich den Werth betrifft, welchen die einzelnen Nahrungsstoffe für die Ernährung im Allgemeinen haben, so ist derselbe (innerhalb des Verhältnisses, in welchem sie für die Vegetation erforderlich sind) ein völlig gleicher. Denn die Nahrungsstoffe sind alle nothwendig, und zwischen absolut nothwendigen Dingen läßt sich kein Unterschied im Werthe machen. So wenig, wie zur Erhaltung des thierischen Lebens die Speise von größerer Bedeutung ist, als der Trank; so wenig, wie für die Erzeugung von Alaun, die Schwefelsäure einen höheren Werth hat als die Thonerde oder das Alkali; ebenso wenig hat für die Bildung der vegetabilischen Substanz der Stickstoff einen größeren Werth als die Phosphorsäure, oder die Phosphorsäure als das Kali oder die Kalkerde ꝛc. Diese Verhältnisse werden sofort klar bei der Betrachtung eines von allen Nahrungsmitteln völlig entblößten Ackerbodens. Auf diesem entsteht keine Pflanze, wenn ihm nicht die Nahrungsmittel in den Mengen, in welchen sie zur Bildung der Pflanze vorhanden sein müssen, zukommen; und in diesen Mengen, in diesem Verhältnisse, verwerthen sich die Nahrungsmittel hier völlig gleich. Wenn ein Boden alle Nahrungsmittel, welche zur Erzeugung einer reichlichen Ernte erfordert werden, enthält, mit alleiniger Ausnahme eines einzigen; so reicht die Zufuhr dieses in der erforderlichen Menge allein hin, um die Ernte zu erzeugen; eine solche Zufuhr des fehlenden Nahrungsstoffes hat den-

selben Effect, mag sie sich auf das Eisen, die Phosphorsäure, oder den Stickstoff ꝛc. beziehen. Wenn ein Boden unfruchtbar ist, weil er kein Eisen enthält, und etwa 2 Loth von demselben zur Production einer Ernte erforderlich sind, so verwerthet sich hier die Zufuhr von 2 Loth Eisen ebenso hoch, wie auf einem anderen Boden, welchem statt des Eisens die Phosphorsäure oder der Stickstoff fehlen, die Zufuhr von diesen Nahrungsstoffen in der größeren Menge, in welcher sie verbraucht werden und zugegen sein müssen; es können unter solchen Umständen 2 Loth Eisen dieselbe Wirkung haben wie 2 Pfund Stickstoff oder Phosphorsäure. Dagegen würde sich aber auf dem erstgenannten Boden auch die Zufuhr von 2 Pfund Eisen durch die folgende Ernte nicht höher verwerthen, wie diejenige von 2 Loth.

Da wir nun im Ackerbau nicht mit einem Boden zu thun haben, welcher von allen Nahrungsmitteln entblößt ist; da ferner die in demselben vorhandenen Nahrungsmittel hinsichtlich ihrer Menge nicht in dem Verhältnisse zu einander stehen, in welchem sie zur Pflanzenproduction gleichwerthig beitragen: so verwerthet sich die Zufuhr der verschiedenen Nahrungsmittel sehr ungleich; die Dungstoffe haben daher auf dem Markte (auch abgesehen von ihrem Handelspreise) einen sehr verschiedenen Werth für den Ackerbau. Denn der Werth eines jeden Dinges hört auf, wenn das Bedürfniß, welches ihm den Werth verlieh, befriedigt ist. Für den Gesättigten hat die Speise keinen Werth; und für den Alaunfabrikanten, welcher in seiner Alaunerde einen hinreichenden Vorrath von Schwefelsäure und Thonerde besitzt, ist nur die Anschaffung von Alkali von Bedeutung. Der Landmann, welcher Dünger kaufen will, wird nicht diejenigen Stoffe kaufen, welche in seinem Boden im Ueberschuß schon vorhanden sind; die Zufuhr derselben zum Boden wäre völlig werthlos, weil sie zunächst nicht verwerthet werden können. Wer in seinem Boden einen zur Erzeugung von 50 oder 100 Ernten ausreichenden Vorrath von Natron besitzt, der kann das Natron in dem ihm gebotenen Dünger nicht bezahlen; denn nach 50 oder 100 Jahren, wenn das gekaufte Natron verwerthet werden kann, überwiegen die verloren gegangenen Zinsen das Kaufcapital. Wer Dünger kaufen will, hat sich daher vor allen Dingen zu fragen: welche Stoffe brauche ich, und wie viel brauche ich von denselben? Die sichere Beantwortung dieser Fragen aber ist unter Umständen mit den größten Schwierigkeiten verknüpft.

Der Alaunfabrikant kennt genau das Verhältniß, in welchem seine Rohprodukte in die Verbindung des Alauns eingehen; er kennt desgleichen die Bestandtheile seiner Erde: und kann daher mit Bestimmtheit die Quantität von Alkali berechnen, welche er anschaffen und verwenden muß, um es selbst sowohl, als die Vorräthe seiner Erde so vollständig als möglich verwerthen zu können. In einer gleich vortheilhaften Lage befindet sich der Ackerbautreibende nicht. Dieser weiß wohl, wie viel von den einzelnen Elementarkörpern in der producirten Pflanzenmasse gebunden ist; er kann daraus auch vielleicht die Quantität von Nahrungsmitteln berechnen, welche aufgenommen und assimilirt werden mußten; aber er kennt nicht die Menge der Nahrungsmittel, welche im Boden (in der Luft) vorhanden sein müssen, um jene Pflanzenmasse zu produciren, sie in der vorliegenden Weise auszubilden. Denn wir sind bis jetzt noch nicht darüber unterrichtet, in welcher Concentration ihrer Lösung sich die einzelnen Nahrungsmittel im Boden befinden müssen, um einen gewissen Effect hervorzubringen; und ebenso wenig, als wir das erforderliche Quantum von Nahrungsmitteln kennen, sind wir über das in unseren Aeckern *vorhandene* unterrichtet; wenigstens nicht über dasjenige, welches den Gewächsen während ihrer Vegetationszeit in aufnehmbarer und assimilirbarer Form geboten wird, und über die Concentration ihrer Lösung. Auf die Bestimmung dieser Verhältnisse aber kommt es vor allen anderen an.

Da die Analyse der Ackererden, auf dem dermaligen Standpunkte ihrer Ausbildung, uns keinen, oder doch nur einen sehr unvollkommenen Aufschluß darüber giebt, welche Nahrungsmittel den Aeckern fehlen, und welche ihnen daher zugeführt werden müssen, um einen bestimmten Ertrag von ihnen zu erhalten; so müssen wir suchen, die Frage auf andere Weise ihrer Entscheidung entgegenzuführen. Es ist schon früher ausführlich besprochen worden, wie sich der Nahrungsmittelgehalt des Bodens während der Cultur ändern muß; und wir wollen daher hier nur die Resultate der Berechnung kurz zusammenstellen.

Von den Bestandtheilen, welche dem Ackerboden durch die Ernten entzogen werden, wird ihm ein großer Theil in dem auf dem Hofe producirten Stalldünger wieder zurückgegeben; verhältnißmäßig am wenigsten ersetzt wird der Stickstoff, und nach ihm die Phosphorsäure. Denn 1) sind die genannten beiden Stoffe in allen vom Hofe aus-

selben Effect, mag sie sich auf das Eisen, die Phosphorsäure, oder den Stickstoff ꝛc. beziehen. Wenn ein Boden unfruchtbar ist, weil er kein Eisen enthält, und etwa 2 Loth von demselben zur Production einer Ernte erforderlich sind, so verwerthet sich hier die Zufuhr von 2 Loth Eisen ebenso hoch, wie auf einem anderen Boden, welchem statt des Eisens die Phosphorsäure oder der Stickstoff fehlen, die Zufuhr von diesen Nahrungsstoffen in der größeren Menge, in welcher sie verbraucht werden und zugegen sein müssen; es können unter solchen Umständen 2 Loth Eisen dieselbe Wirkung haben wie 2 Pfund Stickstoff oder Phosphorsäure. Dagegen würde sich aber auf dem erstgenannten Boden auch die Zufuhr von 2 Pfund Eisen durch die folgende Ernte nicht höher verwerthen, wie diejenige von 2 Loth.

Da wir nun im Ackerbau nicht mit einem Boden zu thun haben, welcher von allen Nahrungsmitteln entblößt ist; da ferner die in demselben vorhandenen Nahrungsmittel hinsichtlich ihrer Menge nicht in dem Verhältnisse zu einander stehen, in welchem sie zur Pflanzenproduction gleichwerthig beitragen: so verwerthet sich die Zufuhr der verschiedenen Nahrungsmittel sehr ungleich; die Dungstoffe haben daher auf dem Markte (auch abgesehen von ihrem Handelspreise) einen sehr verschiedenen Werth für den Ackerbau. Denn der Werth eines jeden Dinges hört auf, wenn das Bedürfniß, welches ihm den Werth verlieh, befriedigt ist. Für den Gesättigten hat die Speise keinen Werth; und für den Alaunfabrikanten, welcher in seiner Alaunerde einen hinreichenden Vorrath von Schwefelsäure und Thonerde besitzt, ist nur die Anschaffung von Alkali von Bedeutung. Der Landmann, welcher Dünger kaufen will, wird nicht diejenigen Stoffe kaufen, welche in seinem Boden im Ueberschuß schon vorhanden sind; die Zufuhr derselben zum Boden wäre völlig werthlos, weil sie zunächst nicht verwerthet werden können. Wer in seinem Boden einen zur Erzeugung von 50 oder 100 Ernten ausreichenden Vorrath von Natron besitzt, der kann das Natron in dem ihm gebotenen Dünger nicht bezahlen; denn nach 50 oder 100 Jahren, wenn das gekaufte Natron verwerthet werden kann, überwiegen die verloren gegangenen Zinsen das Kaufcapital. Wer Dünger kaufen will, hat sich daher vor allen Dingen zu fragen: welche Stoffe brauche ich, und wie viel brauche ich von denselben? Die sichere Beantwortung dieser Fragen aber ist unter Umständen mit den größten Schwierigkeiten verknüpft.

Der Alaunfabrikant kennt genau das Verhältniß, in welchem seine Rohprodukte in die Verbindung des Alauns eingehen; er kennt desgleichen die Bestandtheile seiner Erde: und kann daher mit Bestimmtheit die Quantität von Alkali berechnen, welche er anschaffen und verwenden muß, um es selbst sowohl, als die Vorräthe seiner Erde so vollständig als möglich verwerthen zu können. In einer gleich vortheilhaften Lage befindet sich der Ackerbautreibende nicht. Dieser weiß wohl, wie viel von den einzelnen Elementarkörpern in der producirten Pflanzenmasse gebunden ist; er kann daraus auch vielleicht die Quantität von Nahrungsmitteln berechnen, welche aufgenommen und assimilirt werden mußten; aber er kennt nicht die Menge der Nahrungsmittel, welche im Boden (in der Luft) vorhanden sein müssen, um jene Pflanzenmasse zu produciren, sie in der vorliegenden Weise auszubilden. Denn wir sind bis jetzt noch nicht darüber unterrichtet, in welcher Concentration ihrer Lösung sich die einzelnen Nahrungsmittel im Boden befinden müssen, um einen gewissen Effect hervorzubringen; und ebenso wenig, als wir das erforderliche Quantum von Nahrungsmitteln kennen, sind wir über das in unseren Aeckern *vorhandene* unterrichtet; wenigstens nicht über dasjenige, welches den Gewächsen während ihrer Vegetationszeit in aufnehmbarer und assimilirbarer Form geboten wird, und über die Concentration ihrer Lösung. Auf die Bestimmung dieser Verhältnisse aber kommt es vor allen anderen an.

Da die Analyse der Ackererden, auf dem dermaligen Standpunkte ihrer Ausbildung, uns keinen, oder doch nur einen sehr unvollkommenen Aufschluß darüber giebt, welche Nahrungsmittel den Aeckern fehlen, und welche ihnen daher zugeführt werden müssen, um einen bestimmten Ertrag von ihnen zu erhalten; so müssen wir suchen, die Frage auf andere Weise ihrer Entscheidung entgegenzuführen. Es ist schon früher ausführlich besprochen worden, wie sich der Nahrungsmittelgehalt des Bodens während der Cultur ändern muß; und wir wollen daher hier nur die Resultate der Berechnung kurz zusammenstellen.

Von den Bestandtheilen, welche dem Ackerboden durch die Ernten entzogen werden, wird ihm ein großer Theil in dem auf dem Hofe producirten Stalldünger wieder zurückgegeben; verhältnißmäßig am wenigsten ersetzt wird der Stickstoff, und nach ihm die Phosphorsäure. Denn 1) sind die genannten beiden Stoffe in allen vom Hofe aus-

geführten Produkten verhältnißmäßig am meisten angehäuft; 2) geht von dem Stickstoffgehalt des Futters während dessen Durchganges durch den Körper ein Antheil in den Excreten der Haut und Lunge für den Dung, und somit für den Acker, verloren; und 3) verflüchtigt sich von dem Dünger während seiner Aufbewahrung auf dem Hofe sowohl, als auf und in dem Ackerboden fortwährend eine Quantität von Ammoniak. Die Menge dieses letzteren ist durchaus nicht genau zu bestimmen, da sie abhängig ist von zufälligen und wechselnden Verhältnissen. Ebenso wenig ist dagegen aber auch die Quantität von Ammoniak zu bestimmen, welche dem Boden direct und indirect aus der Atmosphäre wieder zugeführt wird; denn wir können nicht einmal die Quantität und Qualität der wässerigen atmosphärischen Niederschläge bestimmen, welche das Ammoniak in Auflösung mit herabbringen. So viel steht aber fest, daß bei der verbreitetsten Fruchtfolge, wo die Halmfrüchte vorwiegend angebaut werden, und ganz besonders auf den leichteren Bodenarten, welchen die Fähigkeit, das Ammoniak zu binden, in geringerem Grade zukommt, und welche auch der Verdunstung des Wassers kein genügendes Hinderniß entgegenzusetzen vermögen, der Verlust an Ammoniak die Zufuhr aus der Atmosphäre mehr oder weniger überwiegt.

Anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn neben den Ackerflächen ergiebige Wiesen vorhanden sind, welche ohne des Stalldüngers zu bedürfen, oder doch wenigstens, ohne eine, ihrem Ertrage entsprechende Quantität davon zu erhalten, dem Stalle eine große Menge Futter, und dem Ackerboden eine große Menge Dünger zuschießen. Durch die Beihülfe solcher Wiesen wird dem Ackerboden häufig ziemlich bedeutend mehr wiedergegeben, als ihm durch die Ernten entzogen wird; verhältnißmäßig am meisten aber von denjenigen Stoffen, welche nach Abzug des Ammoniaks (und der Phosphorsäure) übrig bleiben. Und wenn auf solche Weise das verbrauchte und verloren gegangene Ammoniak ganz vollständig ersetzt werden sollte, so müssen die übrigen Nahrungsmittel der Gewächse in beträchtlichem Ueberschusse zugebracht werden.

Aehnliche Betrachtungen und Berechnungen sind es, durch welche sich Bouſſingault zu der Annahme berechtigt glaubte, daß der Werth eines jeden Düngers nur einzig und allein nach seinem Stickſtoffgehalte zu beurtheilen sei; weil alle übrigen Nahrungsmittel der Ge-

wächse im Boden in überschüssiger Menge vorhanden sein müßten. Es unterliegt keinem Zweifel, daß diese Annahme richtig ist, so lange die letztgenannte Begründung wahr ist; denn alsdann kann offenbar von allen dem Boden zugeführten Nahrungsstoffen, nur der Stickstoff (das Ammoniak) verwerthet werden. Dies ist aber in der Wirklichkeit keineswegs immer der Fall. Die Bousſingaultsche Berechnungsweise kann nur da Geltung haben, wo sie sich auf Düngungsmittel bezieht, welche neben und außer der gebräuchlichen Stalldüngung verwendet werden sollen, auf einem Boden, welcher entweder einen außergewöhnlichen natürlichen Reichthum von mineralischen Nahrungsstoffen ursprünglich besaß, oder einen solchen durch langjährige Einverleibung von reichlichem, unter Mithülfe guter Wiesen erzeugten Stalldünger empfangen hatte. Sie ist schon überall da nicht mehr von voller Geltung, wo es an guten Wiesen fehlt, wo mithin wenigstens ein Ueberschuß an Phosphorsäure nicht erwartet werden darf. Sie wird gänzlich unrichtig da, wo sie nicht mehr auf den Nebendünger, sondern auf das ganze Düngerquantum, womit der Boden ertragsfähig erhalten werden soll, bezogen wird. Mit einem nur Stickstoff haltenden Dünger ist es wohl möglich, einige, vielleicht auch mehre Jahre hintereinander vollständige Erträge zu erzielen; aber über kurz oder lang muß der Vorrath an den übrigen Nahrungsstoffen erschöpft, oder doch soweit vermindert sein, daß ihre Zufuhr von Einfluß auf die Vegetation wird. Und zwar wird, wie schon öfters erwähnt, zuerst die Phosphorsäure, alsdann die Alkalien, die Magnesia ꝛc. zu mangeln beginnen.

Was also die erste Frage: „welche Dungstoffe werden gebraucht?“ betrifft, so läßt sich darauf keine allgemein gültige Antwort geben; sondern von vornherein im Allgemeinen nur etwa so viel bestimmen, daß da, wo reichliche und gute Wiesen vorhanden sind, der käufliche Dünger, welcher außer dem producirten Stalldünger verwandt werden soll, vor allem nach seinem Stickstoffgehalt zu beurtheilen ist; daß da, wo die Wiesenverhältnisse weniger günstig sind, auch der Phosphorsäuregehalt; und wo sie noch weit ungünstiger sind, daneben auch der Gehalt an Alkalien ꝛc. beachtet werden muß; daß endlich da, wo es sich um den vollständigen Dünger handelt, mit welchem allein ein Acker für längere Zeit productiv erhalten werden soll, unter allen Umständen sämmtliche Nahrungsmittel der Gewächse (welche der Boden überhaupt liefern muß) mit alleiniger Ausnahme derjenigen,

welche im Boden in kaum zu erschöpfender Menge aufgespeichert sind, wie z. B. des Kalkes im Kalkboden, und derjenigen, welche aus andauernden natürlichen Quellen der Ackerkrume zugeführt werden. Dabei sind die Lösungsmittel für die in reinem Wasser unlöslichen Nährstoffe, die Kohlensäure (und die Ammoniaksalze) wohl zu beachten.

Die zweite Frage: „wie viel wird von den erforderlichen Nahrungsmitteln gebraucht?“ ist selbstverständlich noch weit weniger genau zu beantworten. Wie viel von den mineralischen Verbindungen dem Boden durch eine Ernte entzogen worden, läßt sich allerdings mit voller Genauigkeit berechnen; und wenn es sich darum handelt, den Boden auf der vorhandenen Höhe seiner Ertragsfähigkeit zu erhalten, so würden ihm diejenigen Aschenbestandtheile, deren Ersatz überhaupt nöthig ist und nicht aus natürlichen Quellen geleistet wird, in einer solchen Quantität zugeführt werden müssen, welche der, mit der Ernte fortgeführten gleichkommt. Wo es sich jedoch darum handelt, die Erträge um einen bestimmten (erreichbaren) Grad zu erhöhen, da genügt nicht eine Zufuhr, welche gegen die frühere im stricten Verhältnisse steht zu der beabsichtigten Erhöhung des Ertrages, sondern dieselbe muß um ein bestimmtes, nicht genau anzugebendes Quantum größer sein (vergl. S. 264 und 278). In Betreff des Ammoniaks läßt sich weder für den einen noch für den anderen Fall etwas sicheres aufstellen, weil, wie gesagt, nicht einmal diejenige Quantität bekannt sein kann, welche von den geernteten Pflanzen dem Boden entzogen wurden, und weil weder der anderweitige Verlust, noch die anderweitige (atmosphärische) Zufuhr deutlich zu erkennen ist.

Es sind früher diejenigen Quantitäten angegeben worden, welche (bei der gebräuchlichsten Fruchtfolge) von den hauptsächlichen käuflichen Düngungsmitteln zur Erzeugung einer vollen Ernte gebraucht werden, oder doch wenigstens diejenigen Quantitäten von denselben, welche sich durch die folgenden Ernten sofort bezahlt machen. Es muß jedoch noch zahlreichen, mit Berücksichtigung aller hier einschlagenden Verhältnisse anzustellenden Vegetationsversuchen überlassen bleiben, die so eben besprochenen Fragen, zunächst für die einzelnen Bodenarten und Fruchtfolgen zu beantworten und dadurch die Berechnung mittlerer, und soweit es überhaupt thunlich ist, allgemeiner Werthe zu ermöglichen. Erst wenn es entschieden, welche Stoffe und wie viel von ihnen für den vorliegenden Fall zur Erzeugung von Pflanzensubstanz ver-

werthet werden können, tritt die Frage nach dem Handelspreise auf; ob derselbe überhaupt niedrig genug ist, um einen Vortheil durch ihre Benutzung als Dünger zu gewähren, und, wenn dies der Fall ist, in welcher Form sie am billigsten zu beschaffen sind. Der Landmann ist offenbar in gewissem Sinne Fabrikant; wenn aber der Preis seines Fabrikates nicht in gleichem Grade, wie bei anderen Fabrikaten, abhängig ist von dem Preise der Rohstoffe, und umgekehrt, so liegt der Grund davon in manchen eigenthümlichen Verhältnissen. Unter anderen darin, daß die käuflichen Düngungsmittel immer nur einen sehr kleinen Bruchtheil von den überhaupt verarbeiteten Dungstoffen ausmachen, und daß dieselben häufig zu gleicher Zeit anderen Fabricationszweigen als Rohstoffe dienen: wie z. B. die stickstoffhaltigen thierischen Abfälle zur Fabrication von Blutlaugensalz ꝛc., das Ammoniak zur Alaunfabrication; die Knochen, verkohlt zur Klärung des Zuckers, und unverkohlt zur Milchglasfabrication; die Pottasche zur Bereitung von Salpeter, von Glas und vielen anderen Gegenständen gebraucht werden. Ferner hängt bei der Pflanzenproduction die Masse des erzeugten Quantums nie so sicher, wie bei den übrigen Fabricationszweigen, von der Masse der verwandten Rohprodukte ab, sondern wird von vielen anderen, nicht immer zu beherrschenden, Verhältnissen bestimmt. Und, was endlich noch besonders wichtig ist, die landwirthschaftliche Production steht noch nicht im Verhältniß zu der möglichen Consumtion der Produkte. Würde daher irgendwie eine neue und große Düngerquelle entdeckt, so würde dadurch noch keineswegs ein sofortiges Fallen der Preise unserer landwirthschaftlichen Produkte bedingt werden; die Preise könnten sich halten durch die starke Nachfrage, und die billigere Beschaffung des Düngers würde dann zunächst nur eine Erhöhung des Werthes der Ländereien zur Folge haben, so lange bis sich andere Verhältnisse zwischen Production und Nachfrage hergestellt haben.

Die Preise der käuflichen Düngungsmittel haben daher bis jetzt noch eine gewisse Unabhängigkeit von dem Werthe der landwirthschaftlichen Produkte bewahrt; sie werden ihrerseits bestimmt theils durch die Kosten der Gewinnung und des Transportes, theils durch die anderweitige Verwerthbarkeit des Materials. Natürlich hört ihre Benutzung als Dungmittel auf, sobald ihr Preis eine Höhe erreicht hat, welche ihre Verwerthung in der Landwirthschaft unmöglich macht.

Der Preis, welcher für die Dungstoffe bezahlt werden kann, richtet

sich nach ihrer Verwerthbarkeit im Ackerbau; diese letztere ist für die einzelnen Nahrungsstoffe (oder die sie entwickelnden Dungstoffe) sehr verschieden; nicht etwa deshalb, weil dieselben für die Ernährung der Pflanzen einen ungleichen Werth besäßen, sondern weil sie in verschiedenen Mengen zur Erzeugung der Pflanzen gebraucht werden, und weil sie in verschiedenen Verhältnissen im Ackerboden vorräthig sind. Diejenigen, welche im Boden im Verhältniß zum Bedürfnisse der größtmöglichen Ernte am meisten fehlen, werden durch ihre Zufuhr offenbar den Ernteertrag auch am meisten erhöhen, sie werden sich daher augenblicklich am höchsten verwerthen, und es kann auch demgemäß der höchste Preis für sie gezahlt werden. Das Ammoniak ist es, welches fast allgemein den Ackererden verhältnißmäßig am meisten mangelt, dessen Zufuhr sich also am höchsten verwerthet; dem Ammoniak folgt in dieser Beziehung ziemlich allgemein die Phosphorsäure, und dieser das Kali. Der relative Handelswerth der genannten Stoffe ist jetzt ziemlich gleichlaufend mit ihrer Verwerthbarkeit (für die gewöhnlichen Fälle): das Ammoniak und die Ammoniak bildenden Substanzen sind die theuersten, ihnen folgt die Phosphorsäure, das Kali ꝛc. Diese Uebereinstimmung ist jedoch keineswegs eine nothwendige, oder unter allen Umständen bleibende. Die Entdeckung einer neuen Ammoniakquelle, vielleicht die Auffindung eines Verfahrens, den Stickstoff der Atmosphäre, direct oder indirect, mit Wasserstoff zu Ammoniak zu verbinden, könnte den Handelspreis des Ammoniaks; die Entdeckung großer Lager von phosphorsaurer Kalkerde könnte denjenigen der Phosphorsäure sofort bedeutend herabdrücken, ohne daß die landwirthschaftliche Verwerthbarkeit der genannten Stoffe dadurch gleichzeitig afficirt würde. Auf der anderen Seite könnte die überreichliche Zufuhr der genannten Nahrungsmittel das jetzige Verhältniß derselben zu den übrigen Bestandtheilen des Bodens und zum Verbrauch ändern, und damit zugleich ihren Erfolg als Düngungsmittel und ihre Verwerthbarkeit.

Wenn die Nahrungsmittel der Pflanzen (oder die die Nahrungsmittel aus sich herausbildenden Dungstoffe) im Handel *einzeln*, jedes für sich vorkämen, so würden die Verhältnisse, um welche es sich bei ihrer Werthbestimmung handelt, weit mehr aufgeklärt sein. Es würde dann Jeder nur denjenigen Stoff kaufen, den er gebraucht, und nur in einer solchen Menge, als er ihn verwerthen kann. Da aber die

meisten käuflichen Düngungsmittel aus verschiedenen Dungstoffen zusammengesetzt sind, so macht die Berechnung ihres Werthes Schwierigkeiten. Wer einen solchen Dünger kaufen will, hat sich erstens zu fragen, wie viel enthält derselbe von denjenigen Stoffen, welche ich überhaupt verwerthen kann; und zweitens, wäre es möglich, die betreffenden Stoffe auf andere Weise billiger zu beschaffen. Was die erste Frage betrifft, so wird dabei also die Kenntniß der Dungstoffe, welche angeschafft werden sollen, und die Menge, in welcher sie sich verwerthen, vorausgesetzt. Diejenigen von ihnen, welche unter den vorliegenden Umständen gar keinen Einfluß auf die Vegetation ausüben können, die sich also gar nicht verwerthen lassen, können natürlich in der Dungmischung auch nicht bezahlt werden, und müssen als nicht vorhanden, oder doch wenigstens nur als eine unschädliche Zugabe betrachtet werden. Diejenigen ferner, welche voraussichtlich nach einigen Jahren verwerthet werden können, werden mit einem Preise berechnet werden dürfen, welcher gegen den gewöhnlichen Preis derselben um so viel niedriger ist, als die Zinsen des für sie bezahlten Capitals während der Zeit, in welcher sie unbenutzt ruhen, betragen. Die Dungstoffe endlich, von denen im Boden zwar schon eine nicht unbedeutende Menge vorhanden ist, die aber in einer noch vergrößerten Quantität durch Erhöhung des stehenden Dungcapitals (durch stärkere Concentration der Bodenlösung, als Meliorationsdüngung; vergl. S. 265) eine bestimmte Erhöhung des Ernteertrages bewirken, werden in dem Dünger mit einem, ihrer Wirkung entsprechenden Preise bezahlt werden können. Man darf hier natürlich nicht auf einen sofortigen Wiedererſatz durch die nächstfolgende Ernte rechnen; und wird sogar da, wo eine dauernde Erhöhung des Dungcapitals herbeigeführt wird, mit den vollen Zinsen des gezahlten Preises zufrieden sein müssen. Von jeder Dungmischung wird man natürlich nur so viel kaufen, daß man von keinem Stoffe, welcher darin mit einem gewissen Preise berechnet ist, mehr bekommt, als verwerthet werden kann. Wenn z. B. für einen bestimmten Fall 20 Pfd. Stickstoff, 12 Pfd. Phosphorsäure und 8 Pfd. Kali erfordert werden, der dargebotene Dünger aber 10 Pfd. Stickstoff, 24 Pfd. Phosphorsäure und 15 Pfd. Kali (in 100 Pfd.) enthält; so wird man nicht etwa so viel von demselben kaufen, daß man 20 Pfd. Stickstoff bekommt, also 200 Pfd., sondern nur 50 Pfd., und wird alsdann die fehlenden 15 Pfd. Stickstoff und

½ Pfd. Kali anderweitig anzuschaffen suchen, damit man nicht für unverwerthbare Stoffe Geld auszugeben braucht.

Die Dungstoffe nun, welche verwerthet werden können, wird man natürlich in derjenigen Form kaufen, in welcher sie am billigsten zu haben sind. Bei der Preisberechnung einer Düngermischung wird man für die einzelnen Stoffe also nur den Preis ansetzen, für welchen sie anderweitig zu haben sind. Um sich hier schneller orientiren zu können, ist ein Preiscourant, welcher den durchschnittlichen, oder den niedrigsten Preis der einzelnen Dungstoffe des Handels angiebt, sehr zweckmäßig. Stöckhardt hat eine solche Berechnung für Mitteldeutschland vorgenommen; er hat für jeden einzelnen Dungstoff den Preis aufgeführt, für welchen er am billigsten im Handel zu beziehen ist. Er berechnet für den Stickstoff in Form von Ammoniak und Salpetersäure 8 Sgr. p. Pfd., und meint, daß er zu diesem Preise in dem Guano zu haben sei, während er in dem rohen schwefelsauren Ammoniak auf 13 bis 14, in dem Chilisalpeter auf 10 bis 11 Sgr. zu stehen komme. Den Stickstoff in Form von organischen Verbindungen, die noch unzersetzt sind, berechnet Stöckhardt mit 6 Sgr. p. Pfd.; die humosen Stoffe (Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff) mit ½ Pfennig; das Kali mit 1 Sgr. 5 Pf. (die Kalisalze mit 1 Sgr.); die Natronsalze mit 5 Pf.; die phosphorsauren Erden mit 5 Pf.; die Phosphorsäure allein mit 1 Sgr.; den Gips mit 1 Pf.; und den Kalk mit ½ Pf.

Das Kali ist in dieser Tabelle sehr hoch angesetzt, und ist in holzreichen Gegenden in der Holzasche weit billiger zu haben. Der Preis von 1 Sgr. für die Phosphorsäure ist dagegen so niedrig, daß dieselbe kaum dafür zu bekommen sein wird; Stöckhardt hat ihn aber dennoch nicht erhöhet, „weil sonst (bei einer Erhöhung) bei der Berechnung der bekanntesten künstlichen Düngungsmittel für mehre so unverhältnißmäßig hohe Werthe eintraten, daß sie mit der durch die Erfahrung ermittelten Wirkung dieser letzteren gar nicht in Einklang zu bringen waren.“ Schon in diesen Worten liegt es klar zu Tage, daß Stöckhardt die Bedeutung und Anwendbarkeit seiner Tabelle verkannt hat. Anstatt den wirklichen Handelspreis zu geben, ändert er denselben ab nach der Wirkung des Stoffes in einigen zufälligen Mischungen und Quantitäten.

Die Wirkung eines Dungstoffes, wie sie in der folgenden Ernte zur Erscheinung kommt, hängt von sehr vielen Verhältnissen, und ganz

besonders von der Quantität, in welcher er verwandt wird, und von der Gegenwart der übrigen, zu seiner Ausnutzung erforderlichen Substanzen ab. Wenn Jemand, etwa in dem schlechten Guano, eine Mischung kauft, welche weit mehr phosphorsaure Kalkerde enthält, als überhaupt, und namentlich bei Mangel an Ammoniak, zu Pflanzenstoff verarbeitet werden kann, so versteht es sich ganz von selbst, daß er dieselbe, und in derselben die Phosphorsäure, nicht hoch verwerthen kann; ebenso wie der Alaunfabrikant eine Quantität Alkali nicht vollständig verwerthen kann, welche größer ist, als die seinem Vorrath an Schwefelsäure und Thonerde entsprechende. Wenn nur 20 Pfd. Phosphorsäure verwerthet werden können, und man kauft davon 50 Pfd., so bleiben 30 Pfd. ohne Wirkung, und die 50 Pfd. verwerthen sich nicht höher, als 20 Pfd. Der Preis der Dungstoffe würde, wenn nach ihrer Wirkung berechnet, jedesmal mit der Größe des angewandten Quantums, dem Verhältniß zu den übrigen, gleichzeitig vorhandenen Stoffen ꝛc., sich ändern.

Die vorhin angeführte Tabelle über den Preis der einzelnen Dungstoffe, hat nur die Bedeutung eines Preiscourantes; und es ist ein arges Mißverständniß, wenn man darnach den Werth, und die Höhe der Verwerthbarkeit, einer jeden Dungmischung unmittelbar bestimmen zu dürfen glaubt. Der Handelspreis und die Verwerthbarkeit für einen vorliegenden Zweck ist zunächst immer zweierlei. Dem Ankauf von Dünger muß die Beantwortung der früher besprochenen Fragen: welche Stoffe werden erfordert, und wie viel von einem jeden? nothwendig vorausgehen; und die Anwendbarkeit des Preiscourantes beschränkt sich einzig und allein auf diejenigen Dungstoffe, welche mit Nutzen verwandt werden können. Die Verwerthbarkeit einer vorliegenden Dungmischung kann nur in dem Falle nach dem Preiscourant berechnet werden, wenn dieselbe nur solche Stoffe überhaupt, und diese in keiner größeren Menge enthält, wie sie unter den obwaltenden Umständen verwerthet werden können. Indem man mit den Zahlen der Tabelle nicht den Handelspreis, sondern die Verwerthbarkeit der Stoffe (im Ackerbau) ganz allgemein bezeichnen zu können glaubte, führte dieses Mißverständniß nothwendig zu der Consequenz, daß die Dungmischungen und Düngerquanta, welchen nach der Tabelle ein gleicher Preis zukommt, eine gleiche Wirkung haben müßten. Das ist in der That nicht minder widersinnig, als wenn man etwa von

vier Eggen dieselbe Wirkung erwarten wollte, als von einem Pfluge, weil sie im Preiscourant des Fabrikanten einen gleichen Preis haben! Dieses Beispiel wird den Unterschied zwischen dem Handelspreise und dem Werth zur Erreichung eines vorliegenden Zweckes recht deutlich zeigen. Für 1 Thlr. Kali kann im Ackerbau ebenso wenig für 1 Thlr. Phosphorsäure oder Ammoniak ersetzen, als bei der Ernährung des Menschen etwa für 1 Thlr. Wein ein Stück Brod von demselben Preise ersetzen kann.

Die Tabellen über den Werth der Dungstoffe beziehen sich also immer nur ganz allgemein auf den Handelspreis; für die Verwerthbarkeit lassen sich selbstverständlich keine allgemeine Zahlen geben. Verwerthbar sind die Dungstoffe 1) nur in einer gewissen Menge und 2) nur bei hinreichender Gegenwart aller übrigen Dungstoffe. Für viele Aecker, und bei der verbreitetsten Fruchtfolge, scheint das Mischungsverhältniß der Dungstoffe in dem guten Guano das richtige zu sein; und die Quantität, in welcher er vortheilhaft angewandt wird, hat sich durch die vorliegenden Beobachtungen auf 100 bis 200 Pfd. p. Morgen herausgestellt. Danach kämen auf den Morgen etwa 15 bis 30 Pfd. Stickstoff und 25 bis 50 Pfd. phosphorsaure Kalkerde. Für andere Aecker hat sich aber der Phosphorsäuregehalt des Guanos als verhältnißmäßig zu groß erwiesen; und eine Zumischung von rein stickstoffhaltigen Dungstoffen muß seine Verwerthbarkeit erhöhen. Der Natrongehalt aber des Guanos (sowie der anderen käuflichen Düngungsmittel) wird in den allermeisten Fällen gar nicht bezahlt werden können, trotz des berechneten Handelspreises von 5 Pf. (für das Pfund seiner Salze); ebenso wenig ist der geringe Humusgehalt ꝛc. für die meisten Fälle zu berücksichtigen; weil die genannten Stoffe vielleicht gar nicht, oder doch erst in entfernter Zeit verwerthet werden können.

Wenn von einer anderen Seite der Stöckhardt'schen Werthbestimmung entgegengestellt wurde, daß der Preis des Natrons im Verhältniß zu dem des Kalis zu hoch gegriffen sei, weil der ökonomische Werth des letzteren sehr bedeutend viel höher läge, als der des ersteren; so ist dieser Einwurf ganz unbegründet, und zeugt ebenfalls von einer falschen Ansicht über den Preiscourant. Es handelt sich hier nicht um die Bestimmung der Größe, zu welcher sich die verschiedenen Nahrungsstoffe verwerthen (eine solche Bestimmung allgemein zu geben,

ist, wie gesagt, völlig unthunlich); sondern nur um die Aufführung des billigsten Handelspreises, welcher für sie gegeben werden muß, sobald ihre Anschaffung überhaupt erforderlich ist.

Stöckhardt ist bei der unrichtigen Anwendung seines Preiscourantes in den entgegengesetzten Fehler verfallen als Bousssingault. Letzterer legte nur dem Stickstoff eine Bedeutung als Düngungsmittel bei, während auch von den übrigen manche, in sehr vielen Fällen wenigstens, einen Einfluß auf die Ertragsfähigkeit des Bodens äußern; Ersterer bringt in jeder Düngermischung alle Stoffe mit ihrem Handelspreise in Anrechnung, und erwartet von ihnen eine entsprechende Wirkung, während viele von ihnen sich häufig gar nicht verwerthen lassen. —

Wir haben bei den bisherigen Betrachtungen nur die elementare Zusammensetzung der Dungstoffe vor Augen gehabt. Da aber nur ganz bestimmte Verbindungen die Nahrungsmittel der Gewächse darstellen, so ist es klar, daß der düngende Werth der käuflichen Dungmaterialien nicht allein nach ihren Elementarbestandtheilen beurtheilt werden kann. Es kommt vor allem darauf an, die Quantität der fertig gebildeten Nahrungsmittel, und die Schnelligkeit, mit welcher die übrigen Bestandtheile unter den, in den Ackererden gegebenen Verhältnissen, sich zersetzend in solche übergeführt werden, zu bestimmen. Zwei Mischungen, welche eine völlig gleiche Elementarzusammensetzung haben, können dennoch einen ganz außerordentlich verschiedenen düngenden Werth besitzen; denn ihre Wirkung steht jederzeit nur im Verhältniß zu den vorhandenen assimilirbaren Nahrungsmitteln.

Die Schwierigkeiten, durch die chemische Analyse den düngenden Werth einer Substanz zu bestimmen, mehren sich durch diese Rücksichten ganz bedeutend, und sie sind in vielen Fällen vor der Hand noch unüberwindlich, und zwar um so mehr, als einige organische Verbindungen, wie einige ätherische und fette Oele, Humussäuren ꝛc., so lange sie nicht zersetzt sind, eine unmittelbar schädliche Wirkung auf die Ernährung der Pflanzen ausüben. Prüfende Vegetationsversuche haben hier die chemische Analyse zu unterstützen. Es ist unbestreitbar, daß die bei solchen Vegetationsversuchen sich offenbarende Wirkung im strengen Verhältnisse steht zu der bedingenden Ursache; aber diese Ursache ist nicht so leicht zu erkennen, als man häufig anzunehmen scheint, und daher kommt es, daß einseitige Vegetationsversuche zu großen Irrthümern Veranlassung gegeben haben, welche um so schwieriger zu

beseitigen sind, als sie auf scheinbar unantastbaren Grundlagen von Thatsachen ruhen.

Die gewöhnliche Art und Weise, dergleichen Versuche anzustellen, ist folgende: man nimmt ein gleichartiges Stück Acker und theilt dasselbe in zwei gleiche Theile; den einen Theil läßt man ungedüngt, und in den anderen bringt man die Masse, deren Düngerwerth erforscht werden soll. Aus dem Unterschiede im Ertrage beider Ackerstücke schließt man alsdann unmittelbar auf die Verwerthbarkeit des fraglichen Düngers. Ein solcher Schluß, so einfach und sicher er bei oberflächlicher Betrachtung erscheinen mag, so trügerisch und unsicher ist er bei näherer Beleuchtung. Richtig ist derselbe nur in dem einen Falle, daß die beiden Ackertheile, welche dem Versuche dienten, *nach* demselben einander noch ebenso gleich geblieben sind, wie sie es *vor* demselben waren, oder doch wenigstens für den Zweck des Ackerbaues als gleichwerthig zu betrachten sind. Das kann aber offenbar nur da geschehen, wo entweder dem gedüngten Stücke gerade ebensoviel nährende Stoffe zugeführt wurden, als zur Erzeugung derjenigen Pflanzensubstanz, welche auf diesem mehr geerntet wurde, als auf dem ungedüngten Theile, gerade hinreichte; oder wenn die vom Boden zugeschossenen Stoffe in demselben in einer solchen Quantität vorhanden sind, daß der abgegebene Theil unbeachtet gelassen werden darf. Dies ist der Fall, wenn die betreffenden Stoffe aus fast unerschöpflichen natürlichen Quellen fließen, oder in der anderweitigen Düngung überschüssig zugeführt werden, oder wenn ihr Vorrath wenigstens so groß ist, daß der Ankauf und die Zufuhr derselben mit Verlust verbunden wäre.

Beispielshalber wollen wir den Fall setzen, daß der düngende Werth des kohlensauren Kalkes durch einen solchen Vegetationsversuch ermittelt werden sollte. Der Erfolg soll ein derartiger sein, daß das ungedüngte Stück 3, das gedüngte aber 5 Scheffel Korn liefert. Es wäre hier nun offenbar ein sehr großer Irrthum, wenn man daraus folgern wollte, daß der Düngerwerth des Kalkes gleich 2 Scheffeln Korn sei. Denn der mit ihm gedüngte Ackertheil ist dem ungedüngten nach der Ernte *nicht* mehr gleich; sondern er ist jetzt ärmer an Dungstoffen, als dieser, und zwar um die ganze Summe derer, welche zur Erzeugung von 2 Scheffeln Korn erfordert werden, mit alleiniger Ausnahme des kohlensauren Kalkes. Wollte man von diesen

auch nur das Ammoniak und die Phosphorsäure in Anrechnung bringen, so wäre der wirkliche durch den Kalk erzielte Gewinn gleich 2 Scheffeln Korn minus dem Handelswerthe von so viel Ammoniak und Phosphorsäure, als zur Bildung von 2 Scheffeln Korn der Boden hergeben mußte. Dabei wäre der Kalkdüngung aber allerdings noch der Gewinn zu Gute zu schreiben, den die schnellere Ueberführung der unlöslichen Dungstoffe in assimilirbare Nahrungsmittel, mithin ihre schnellere Verwerthung mit sich bringt.

Würde ein ähnlicher Versuch mit dem Chilisalpeter ausgeführt, so wäre die Berechnung eine ganz ähnliche, von dem erzielten Mehrgewinn der Ernte müßte mindestens der Werth der dazu verbrauchten Phosphorsäure in Abrechnung gebracht werden; es sei denn, was nur in sehr seltenen Fällen wirklich vorkommen wird, daß dieselbe in einer solchen Menge im Boden zugegen war, daß die fragliche Abgabe keinen Einfluß auf die Ertragsfähigkeit des Bodens ausübt, oder daß dieselbe auf die früher angedeuteten Wege aus Quellen, die nichts kosten und nicht anderweitig verwerthet werden können, ersetzt wird. Auf der anderen Seite aber frägt es sich, ob nicht etwa durch den Chilisalpeter mehr Stickstoff zugeführt wurde, als zur Erzeugung des Mehrertrages verbraucht wurde; ob also der gedüngte Boden nach der Ernte nicht vielleicht reicher an stickstoffhaltigen Nahrungsmitteln ist, als der ungedüngte. Ist dies der Fall, so muß ihm solches Quantum, welches durch die nachfolgenden Ernten seine Verwerthung findet, bei der Berechnung seines Düngerwerthes zu Gute gerechnet werden. Die Bestimmung der hier in Betracht kommenden Verhältnisse ist übrigens wegen der nicht so leicht abzuschätzenden Verluste (durch Auswaschung und Verflüchtigung) höchst unsicher. So viel steht aber fest, daß der Werth eines Düngungsmittels nach dem einmaligen Vegetationsversuch auch nicht einmal ungefähr berechnet werden kann; daß derselbe am allerwenigsten dem durch seine Anwendung erzielten Mehrertrag ohne Weiteres gleich zu achten, da er in der Wirklichkeit weit kleiner, oder auch weit größer sein kann.

Der Verdienst des Landmannes besteht, ebenso wie derjenige eines jeden Fabrikanten, in dem Mehrwerthe des Produktes über die Kosten der Rohstoffe und der Gewinnung ꝛc. Es ist daher klar, daß der durch die Zufuhr irgend eines Materials veranlaßte Mehrertrag nicht Nettogewinn ist, daß von demselben bei Vernachlässigung der vermehrten

Gewinnungskosten, die Kosten der Rohstoffe abgezogen werden müssen. Enthielt das zugeführte Material diese Rohstoffe nicht, so müssen dieselben aus dem Capital des Bodens, und, falls dieser nicht unverwerthbare Quellen davon aufweist, aus der Tasche des Besitzers ersetzt werden.

Wie also der Werth der unvollständigen Düngungsmittel durch die Vegetationsversuche leicht zu hoch angeschlagen werden kann, so wird derjenige der vollständigen Düngungsmittel, besonders wenn sie wenig zersetzt sind, ebenso leicht zu gering angeschlagen werden; derjenige Theil, welcher von letzteren unverbraucht im Boden verbleibt, kann erst durch fortgesetzte Vegetationsversuche ermittelt werden. Die Schwierigkeiten, welche sich überhaupt den Schlußfolgerungen aus Vegetationsversuchen entgegenstellen, liegen darin, daß es nicht leicht ist, zu erkennen, ein wie großer Theil der Ernte aus dem zugeführten Düngungsmittel und wie viel aus dem vorhandenen Capital des Bodens genommen wurde. Die Verhältnisse liegen hier ähnlich, als wenn der Nahrungswerth einer Substanz als Viehfutter durch Versuche bestimmt werden sollte, während den Thieren der unbeschränkte Zutritt zu anderen Futtermitteln frei stände, und sie von diesen ein nicht zu ermittelndes Quantum verzehrten. Es würde dann durch den Erfolg allein schwer sein, zu unterscheiden zwischen denjenigen Substanzen, welche durch ihren wirklichen Nahrungsgehalt wirken, und solchen, welche vielleicht durch einen gewissen Reiz, eine vermehrte Aufnahme und Ausnutzung des anderweitigen Futters zur Folge haben. Bei gleichem Effect würden solche Substanzen dennoch einen sehr ungleichen Werth besitzen. Wenn Kochsalz z. B. eine vergrößerte Milch- oder Fleischproduction bewirkt, so kann demselben der Werth dieser Producte nicht in demselben Maße zu Gute gerechnet werden, als einer Masse, welche den gleichen Erfolg durch ihren Nahrungsmittelgehalt liefert.

Bei den Vegetationsversuchen ist ferner noch wohl zu beachten, daß ein jeder Boden, abgesehen von seinem Nahrungsmittelgehalt, vermöge seiner übrigen Eigenschaften, nur ein bestimmtes Maximum von Ertrag liefern kann. Wieweit die Ernte diesem Maximum nahe kommt, hängt dann von seinem Vorrath an Nahrungsmitteln ab; über dasselbe hinaus kann der Ertrag durch Dungzufuhr natürlich nicht gesteigert werden. Die Wirkung und der Grad der Verwerthbarkeit eines

Düngers hängt daher offenbar von dem Verhältnisse ab, in welchem die derzeitigen Erträge des Bodens zu denjenigen stehen, welche er vermöge seiner, die Ernährung vermittelnden Eigenschaften, höchstens hervorbringen kann, oder von dem Verhältnisse, in welchem das gegenwärtige Dungcapital des Bodens zu dem höchstverwerthbaren steht. Je weiter hier die Entfernungen, desto höher wird der zugeführte Dünger sofort verwerthet, oder desto mehr Dünger wird verwerthet. Auf zwei Aeckern, welche beide einen Ertrag von 4 Scheffeln Korn liefern und von denen der erste vermöge seiner nicht direct nährenden Eigenschaften 5, der zweite aber 8 Scheffel tragen kann, werden die Versuche mit einem gleichen Düngerquantum (wenn dasselbe größer ist, als zur Erzeugung von 1 Scheffel erforderlich ist) natürlich ein sehr verschiedenes Resultat geben. Wenn man danach den Werth des Düngers berechnen wollte, so würde derselbe nach dem Versuche auf dem ersten Ackerboden höchstens gleich 1 Scheffel, nach dem Versuche auf dem zweiten Acker aber vielleicht gleich 4 Scheffeln angegeben werden. Die Ernährung der Thiere und die Verwerthbarkeit des Viehfutters bietet auch hier ganz ähnliche Erscheinungen dar. Zwei Kühe, von denen die erste 20 Quart, die zweite 10 Quart Milch als Maximum täglich zu geben vermögen, welche aber beide bei dem gereichten Futterquantum nur 8 Quart liefern, werden eine Vermehrung des Futters außerordentlich verschieden verwerthen; die zweite höchstens durch 2, die erste vielleicht durch 10 Quart Milch.

Die vergleichenden Vegetationsversuche haben vornämlich über folgende Fragen zu entscheiden: 1. welche Nahrungsstoffe enthält der Boden in überschüssiger Quantität, und welche können durch ihre Zuführung verwerthet werden (so weit hier nicht schon die Berechnung der bis dahin zugeführten Düngung entscheidet); 2. wie schnell geht eine vorliegende Düngermasse in wirkliche Pflanzennahrung über; und 3. wie viel geht von derselben im Verhältniß zu dem assimilirten Antheil ungenutzt verloren. Die erste Frage kann offenbar mit Sicherheit nur durch Versuche, welche eine Reihe von Jahren hintereinander fortzusetzen sind, entschieden werden; und die aus ihnen hervorgehende Antwort, behält zunächst immer nur eine locale Bedeutung. Wenn Versuche, welche in Schottland 11 Jahre lang hintereinander fortgeführt wurden, ergaben, daß die Erträge des betreffenden Bodens fast allein durch das zugeführte Ammoniak geregelt wurden, so beweist

das nur, daß jener Boden außergewöhnlich reich an mineralischen Nahrungsmitteln war, daß ein Boden, wie derjenige, mit welchem experimentirt wurde, zu den Seltenheiten gehört, beweist einfach die Thatsache, daß derselbe 11 Jahre hintereinander ohne jeglichen Dung Weizenernten lieferte, von denen die letzte noch nicht geringer war, als die erste. Aus diesen Versuchen allgemein folgern zu wollen, daß bei jeder Düngung nur der Stickstoff zu berücksichtigen sei, wäre ebenso voreilig, als wenn man aus der Thatsache, daß in einigen Gegenden schon seit hunderten von Jahren ganz ohne alle Düngung reichliche Ernten gewonnen werden, allgemein die Entbehrlichkeit des Düngers folgern wollte. —

Was schließlich den Geldwerth des Stalldüngers betrifft, so ergiebt sich derselbe da, wo das Heu, Stroh und überhaupt alle Futtermittel einen bestimmten Marktpreis haben, aus dem Preise des Futters und der Einstreu nebst den übrigen Kosten der Viehhaltung minus dem Gewinn der Viehhaltung, dem Werth der thierischen Produkte: Milch, Fleisch, Wolle. Die auf solche Weise berechnete Differenz ist in vielen Fällen so beträchtlich, daß sich die Kosten des Stalldüngers höher belaufen, als der Handelspreis der ihn ersetzenden käuflichen Düngungsmittel. Für einzelne Wirthschaften, welche in benachbarten großen Städten einen sicheren Markt für alle ihre Futtermittel besitzen, ist es daher ganz unbedenklich vortheilhaft, den Viehstand auf das äußerste zu beschränken, das übrige Futter zu verkaufen und dafür Dünger einzukaufen (d. h. natürlich wenn der betreffende Ackerboden überhaupt den Stalldünger ohne Nachtheil entbehren kann, vergl. S. 329 u. ff.). Wenn man aber ganz allgemein die Klage vernimmt, daß der producirte Stalldünger zu theuer zu stehen komme, daß die Viehhaltung nur ein nothwendiges Uebel sei, und daß die Bestrebungen der Wissenschaft vor allen Dingen darauf gerichtet werden müßten, einen billigeren Dünger zu beschaffen, so beruhen diese Vorstellungen auf durchaus irrigen Ansichten. Das Heu und Stroh hat bis jetzt keine erhebliche anderweitige Verwendung, als zur Fütterung der Thiere gefunden; der Absatz ist daher ein sehr beschränkter, und das verkäufliche Quantum steht in gar keinem Verhältnisse zu dem producirten. Der Absatz ist überhaupt nur in den großen Städten gegeben, und wenn hier ein höherer Preis gezahlt wird, als ihrer Verwerthbarkeit in der Landwirthschaft entspricht, so liegt das darin, daß daselbst die Viehhaltung

(namentlich die Zugkraft) höher ausgenutzt werden kann. Durch diese Umstände allein konnte an einzelnen Orten ein derartiges Mißverhältniß entstehen, daß die Futtermittel einen nicht unbedeutend höheren Handelspreis erhielten, als ihre Verwerthung in der Landwirthschaft herzugeben vermag. Ein solches Mißverhältniß kann sich nur erhalten durch die Unkenntniß und durch die fast noch allgemein verbreitete Scheu vor der Anwendung käuflicher Düngungsmittel. Wenn diese Hindernisse beseitigt sind, wird natürlich jeder sein Futter so lange zu Markt bringen, als er dadurch einen Gewinn erzielt. Da aber, wie gesagt, der Absatz nur ein sehr beschränkter ist, so werden die Preise sehr bald gedrückt werden und sich mit der allgemeinen Verwerthbarkeit in Einklang setzen, d. h. sie werden sich so stellen, daß der Preis der thierischen Produkte und des Stalldüngers ihnen entspricht; bis die, sich für den Stalldünger berechnenden Kosten nicht höher zu stehen kommen, als der Preis der entsprechenden käuflichen Düngungsmittel. Fallen diese letzteren durch die Entdeckung neuer Quellen im Werthe, so wird es momentan wieder vortheilhaft sein, das Futter auf den Markt zu bringen; bis die Concurrenz hier den Preis wieder auf das richtige Verhältniß zurückgeführt hat. Die allgemein geforderte billigere Beschaffung von anderweitigen Düngungsmitteln (für den Stalldünger) würde daher den Preis des Futters und somit die Kosten des Stalldüngers sofort entsprechend erniedrigen. Der Preis des Futters muß sich dem Preise der käuflichen Düngungsmittel anpassen, weil seine hauptsächliche Verwerthung eben nur in der Verwendung zur Dungproduction besteht; und die Kosten des Stalldüngers können daher, sobald sich die richtige Einsicht in die Verhältnisse, um welche es sich hier handelt, allgemeiner verbreitet haben werden, nie den Preis des ihm in seiner Wirkung gleichkommenden käuflichen oder künstlichen Dungmaterials übersteigen.

In Betreff der Behauptung, daß die Viehhaltung in der Landwirthschaft ein nothwendiges Uebel darstelle, muß noch bemerkt werden, daß die thierischen Produkte für die Menschen ein Bedürfniß ausmachen, daß also, wenn die Futtermittel mit der Zeit eine anderweitige, sich besser bezahlt machende Verwendung finden sollten, der Preis jener thierischen Produkte nothwendig so weit steigen würde, daß ihre Production wieder vortheilhaft werden würde. Jetzt aber stellt das Heu und Stroh ꝛc. eine Masse dar, welche weder ein menschliches Nah-

rungsmittel ausmacht, noch sonst wie zur Befriedigung anderer menschlichen Bedürfnisse verwendbar ist; und für ihre Verwerthung im Ackerbau bleibt daher nichts anderes übrig, als sie direct durch Zersetzung in Rohstoffe überzuführen, aus denen wiederum neue verwendbare Pflanzenstoffe gebildet werden, oder sie durch Verfütterung theilweise in Nahrungsmittel der Menschen (oder deren anderweitigen Bedürfnisse befriedigende Substanzen) zu verwandeln. Daß dieser letztere Weg in den meisten Fällen der vortheilhaftere ist, daß das Nutzvieh mithin nicht als eine Last, sondern als eine Quelle von Gewinn betrachtet werden muß, ist schon früher bei der Gründüngung weitläufiger auseinandergesetzt worden.

Die Bedeckung und Beschattung des Bodens.

Der Einfluß, welchen die Bedeckung und Beschattung auf den Ackerboden ausübt, ist schon bei der Besprechung der Beackerung und der Düngung berührt worden; denn derselbe erstreckt sich sowohl auf den die Ernährung der Gewächse vermittelnden, als auf den direct nährenden Theil des Ackerbodens. Die Kenntniß dieses Einflusses ist durchaus nothwendig für die Beurtheilung des Fruchtwechsels und der Brache, welche in den folgenden Abschnitten besprochen werden sollen; und wir stellen daher das theilweise schon früher darüber Angeführte noch einmal zusammen.

Die Bedeckung und Beschattung des Bodens wirkt, wenn dieselbe so unvollständig ist, daß sie den Zutritt der atmosphärischen Luft und des Lichtes in dem erforderlichen Maße nicht hindert, im Allgemeinen günstig und befördernd auf die gleichzeitige Vegetation ein. Hinter der schützenden Wand einer Hecke oder eines am Wege stehenden Klafter Holzes, ja selbst hinter dem mäßig großen Stein des Feldes schreitet das Wachsthum der natürlichen Grasnarbe zeitiger und kräftiger vorwärts. Einen den Boden bedeckenden Strauch findet man häufig von üppig vegetirenden Pflanzen durchwachsen, während die angrenzenden Flächen ganz kahl, oder doch nur sehr kümmerlich benarbt daliegen. Auf einem mit Sommerroggen bestellten Felde war aus Versehen eine Egge zurückgelassen; als der Besitzer später an jene Stelle kam, fand er die jungen Roggenpflanzen gerade unter den Balken der Egge fast um das Doppelte größer, als die daneben stehenden. Wenn der Stalldung während des Sommers auf der Oberfläche des Ackers in nicht zu dicken Lagen ausgebreitet liegen bleibt, pflegt er eine außer-

ordentlich starke Vegetation der Gräser und Kräuter zu veranlassen; seine Wirkung steht in dieser Beziehung in gar keinem Vergleiche zu der des untergepflügten Düngers, und es kann daher keinem Zweifel unterliegen, daß dieselbe lange nicht allein in dem Nahrungsmittelgehalt des Düngers ihre Erklärung findet. Das Wuchern der Pflanzen unter der Düngerdecke ist so beträchtlich, daß auf Aeckern, welche zur Verqueckung leicht geneigt sind, die Anwendung der früher beschriebenen Methode der Dungbehandlung, nach welcher der Stalldünger längere Zeit auf der Oberfläche des Bodens ausgebreitet liegen bleibt, nicht unbedingt angerathen werden kann. Auch bei Versuchen über die düngende Wirkung des unzersetzten Strohes hat man die Beobachtung gemacht, daß dasselbe, wenn es längere Zeit auf dem Boden ausgebreitet gelegen hatte, eine bessere Wirkung zeigte, als wenn es sofort untergepflügt wurde.

Einen ähnlichen, und häufig noch deutlicher hervortretenden Einfluß, wie die so eben genannten leblosen Gegenstände, üben die schattenden Pflanzen auf die Entwickelung der unter und neben ihnen stehenden anderen Gewächse aus. In den Laubwäldern ist in der Regel der Boden von einer reichhaltigen und üppig vegetirenden Flora bedeckt, welche sofort nach dem Abholzen der Bäume großentheils verschwindet; die Nadelwälder zeigen dagegen meist einen kahlen unbenarbten, oder hauptsächlich nur mit einem Moospolster überzogenen Boden, wenn derselbe nicht etwa durch von unten aufsteigendes Wasser hinreichend feucht erhalten wird. Die jüngeren Nadelholzschonungen, welche einen besseren Schutz und Schatten gewähren, zeigen auch eine stärkere Benarbung des Bodens. Unter den Ackerbaupflanzen sind es die dichtbelaubten, welche, *mäßig* geschlossen stehend, das Wachsthum sowohl der natürlichen Unkräuter und Weidepflanzen, als der unter sie gesäeten Cerealien am meisten befördern. Stehen die blattreichen Gewächse dagegen so dicht, daß sie die unter ihnen befindlichen Pflanzen des erforderlichen Lichtes berauben, so ersticken sie dieselben vollständig, und reinigen den Boden von Unkraut in einer Weise, wie es die Beackerung nicht immer vermag; dabei aber tritt ihr günstiger Einfluß auf die Beschaffenheit des Ackerbodens und auf die *nachfolgende* Halmfrucht sehr deutlich hervor.

Die Gründe nun für die vorstehend beschriebenen Einwirkungen der Bedeckung und Beschattung haben wir in Folgendem zu suchen:

1) in der Beförderung der wässerigen (Thau-) Niederschläge, und in der Behinderung der Abdunstung des Thau- und Regenwassers, sowie der Feuchtigkeit überhaupt, mithin in einer Bewässerung des Bodens; 2) in der vermehrten Zufuhr von Ammoniak vermittelst der wässerigen Niederschläge, und der Behinderung der Abdunstung dieses sowohl, als des anderweitig im Boden vorhandenen und frei werdenden, also in einer Bereicherung des Bodens an Ammoniak; 3) in dem Schutz gegen die nächtliche Wärmeausstrahlung des Bodens einerseits, und gegen die brennenden Sonnenstrahlen der heißen Tage andererseits, also in einer Regulirung der Bodentemperatur; 4) in der Beschleunigung der Zersetzung aller überhaupt zersetzbaren, namentlich der organischen Bestandtheile des Bodens, welche eine nothwendige Folge der Feuchtigkeit und Wärme ist, also in der Bereicherung der Bodenlösung an assimilirbaren Nahrungsmitteln; 5) in der mechanischen Auflockerung und Veränderung des Bodens, welche wiederum eine nothwendige Folge der Zersetzung ist; 6) in der Zerstörung des Unkrautes (wenn die Beschattung eine vollständige ist).

Wie beträchtlich die Quantität von Wasser ist, welche dem Boden durch die blattreichen Gewächse zugeführt, und in demselben zurückgehalten wird, davon kann man sich leicht durch die Beobachtung überzeugen. Wenn schon an allen geschützten Orten der Boden längere Zeit von dem Thau naß bleibt, so findet man unter den dichtstehenden Klee, Erbsen, Lupinen, den Thau selbst in den heißesten Tagen des Nachmittags noch nicht abgetrocknet. Auch der leichteste Sandboden bleibt unter üppigen Lupinen während des ganzen Sommers vollständig angefeuchtet, oder trocknet doch höchstens kaum einen Zoll tief aus. Wie anders diese Verhältnisse unter den Halmfrüchten sind, braucht fast nicht erwähnt zu werden. Die Vertheilung des Ammoniaks ist derjenigen des Wassers gleichlaufend; und namentlich ist die Behinderung der Wasserabdunstung zugleich eine Conservirung von Ammoniak; in einem ähnlichen Verhältnisse, wie zum Ammoniak, steht das Wasser zur Kohlensäure. Die zersetzende und dadurch lockernde Wirkung der Beschattung zeigt der bloße Anblick des Bodens nach Aberntung von üppig und dicht stehenden Klee, Raps, Erbsen, Lupinen ꝛc.; dieselbe ist um so deutlicher, je vollständiger die Beschattung, und je reicher der Boden an zersetzbaren Substanzen (Humus). Zu dieser Wirkung tragen neben der chemischen Zersetzung der Boden-

bestandtheile die Thiere mannichfacher Art, welche sich vorzugsweise an den dicht beschatteten Orten zusammenfinden, in gewissem Grade bei. Die Beschattung bereichert den Boden an Wasser und Ammoniak, und ist insofern einer wirklichen Düngerzufuhr gleich; sie führt ferner die unlöslichen Dungstoffe des Bodens rascher in lösliche Nahrungsmittel über, und gleicht hiermit in ihrer Wirkung den kohlensauren Alkalien, und dem kohlensauren (und gebrannten) Kalk; sie bewirkt endlich eine mechanische Lockerung, vertilgt das Unkraut, und übernimmt dadurch einen Theil der Beackerungsarbeiten, durch welche allein nie ein so günstiger Zustand des Bodens erreicht werden kann.

Es ist häufig darüber berichtet worden, wie schnell und stark die abgemäheten grünen Lupinen den Boden, auf dessen Oberfläche sie, um zu trocknen, gestreut worden, ausgrünen lassen. Man hat diese Wirkung ganz eigenthümlichen Eigenschaften der Lupinen, auch wohl besonderen Ausdünstungen und dergleichen zuschreiben wollen, weil andere Gras- und Krautarten eine gleiche Erscheinung nicht darböten. Der wahre Grund dieses Unterschiedes liegt jedoch einzig und allein darin, daß die Lupinen vermöge ihrer gewichtigen, vollsaftigen und dabei sehr schwer austrocknenden Masse die besprochenen Wirkungen der Bedeckung in einem weit höheren Grade hervorbringen müssen, als andere leichtere und schnell austrocknende Gewächse, namentlich als die schlechten Wiesengräser, Binsen, Schilf, Carexarten ꝛc.

Der Fruchtwechsel.

Es ist eine schon sehr lange bekannte Thatsache, daß der Ertrag des Ackerbodens in hohem Grade abhängig ist von der Reihenfolge, in welcher die verschiedenen Feldfrüchte auf ihm angebauet werden; daß die Fruchtbarkeit des Bodens am schnellsten sinkt, wenn er mit einer und derselben Pflanze fortlaufend bestellt wird, und daß sie viel länger ausdauert, wenn zwischen die gleichen und ähnlichen Pflanzen solche eingeschoben werden, welche diesen sehr unähnlich sind. Am auffallendsten ist diese Erscheinung zunächst bei den Halmfrüchten, und zwar ganz besonders bei den Winterhalmfrüchten. Vor allen anderen geräth der Weizen, welcher in seine eigenen Stoppeln gesäet wird, in

der Regel schlecht; der Roggen ist in dieser Beziehung schon etwas weniger empfindlich, und noch weniger der Hafer. Wenn dagegen zwischen die beiden Wintergetreidesaaten ein blattreiches Gewächs eingeschoben wird, so ist im Allgemeinen die Ernte von der zweiten Kornsaat reicher, als wenn sie in die Stoppeln der ersten gesäet worden wäre; und der Boden befindet sich, nachdem er auf solche Weise drei Jahre Ernten geliefert, in einem weniger erschöpften Zustande, als er sich nach den zwei unmittelbar auf einander folgenden Winterhalmfrüchten gezeigt haben würde. Die Beobachtung lehrt, daß eine jede Frucht hinter einer gewissen anderen am besten geräth, daß es für jede Frucht eine passendste Vorfrucht giebt, welche den günstigsten Einfluß auf ihr Gedeihen ausübt.

So weit unsere Erfahrungen über den Fruchtwechsel reichen, und so weit hier überhaupt allgemein gültige Gesetze existiren, haben wir als feststehende Thatsache zu betrachten, daß die Winterhalmfrüchte am besten nach den blattreichen, stark schattenden Gewächsen, Klee, Luzerne, Esparsette, Lupinen, Erbsen, Wicken, gedeihen, und daß für die Sommerhalmfrüchte und Schotengewächse die Hackfrüchte eine sehr gute Vorfrucht bilden. Am ausgeprägtesten ist jedenfalls der Einfluß, welchen die blattreichen Gewächse als Vorfrucht für die Winterhalmfrüchte ausüben. Dieser Einfluß erklärt sich hier zum größten Theile durch die Wirkung, welche die Beschattung auf den Boden hat, und zwar durch alle, in dem Vorangehenden unter den sechs Nummern besprochenen Beziehungen derselben. Die Halmfrüchte sind es, welche vor allen anderen eine Ammoniakzufuhr zu ihrer üppigen Entwickelung verlangen, und welche den Boden auch durch ihren Anbau vorzugsweise an Ammoniak verarmen lassen; und das kommt einmal daher, daß dieselben einer, in Betreff des Ammoniaks, concentrirten Nahrungslösung bedürfen, ganz besonders aber daher, daß sie dem Boden nur eine sehr unvollkommene Beschattung gewähren. In Folge dessen vermögen sie weder das Wasser und Ammoniak des Bodens der Verdunstung gegenüber festzuhalten, noch durch reichliche Thauniederschläge das Abgedunstete zu ersetzen. Da nun die blattreichen Gewächse dem Boden sowohl das vorhandene Wasser und Ammoniak erhalten, als ihm neue Quantitäten davon zuführen, so ist es klar, daß sie gerade auf die folgenden Halmfrüchte eine gute Wirkung ausüben müssen. Die Antheile von Ammoniak und von allen übrigen Nahrungsmitteln,

welche durch die beförderte Zersetzung des Bodens disponibel gemacht werden, fallen nicht minder ins Gewicht. Und den Einfluß, welchen die schattende Pflanzendecke auf die mechanische Beschaffenheit des Bodens ausübt, wird man nicht gering anschlagen, wenn man bedenkt, welchen Nutzen, und auch welchen Nachtheil häufig eine einzige Furche nach sich zieht. Wer den Zustand eines Ackerbodens, welcher eben eine üppige schattende Frucht getragen hatte, mit demjenigen vergleicht, in welchem sich der Boden nach einer Halmfrucht befindet, dem wird schon das bloße Gefühl sagen, daß die auszustreuende Saat auf ersterem besser gedeihen müsse, als auf letzterem. Die Unterschiede fallen hier während des Umpflügens und unmittelbar nach demselben noch deutlicher in die Augen.

Welche von den verschiedenen Einwirkungen der Bedeckung und Beschattung es ist, die den hervorragendsten Einfluß auf die Entwickelung der nachfolgenden Saat ausübt, läßt sich allgemein nicht entscheiden; die Verhältnisse sind hier augenscheinlich für die verschiedenen Bodenarten sehr ungleich. Für den schweren Boden wird es wahrscheinlich die Zersetzung und Aufschließung, und die dadurch hervorgebrachte mechanische Beschaffenheit sein, welcher der größere Antheil an der hervorgerufenen Fruchtbarkeit zugeschrieben werden muß. Die Unfruchtbarkeit des leichten Sandbodens aber wird zum größten Theile durch den Mangel an Feuchtigkeit, und überhaupt durch das Unvermögen, die Feuchtigkeit und die übrigen flüchtigen Nahrungsmittel der Gewächse zu binden, bedingt. Wenn die Beschattung durch die blattreichen Pflanzen nun sowohl Wasser als Ammoniak zuführt, und deren Abdunstung aus dem Boden hindert, so ist es klar, daß sie dadurch einen außerordentlich günstigen Einfluß ausüben muß. Die Bedeutung, welche eine üppig vegetirende blattreiche Pflanze für die leichten Bodenarten hat, auch selbst dann, wenn sie als Futter gar nicht verwerthet werden könnte, ist eine so hohe, daß das Erscheinen der Lupinen im Ackerbau als ein höchst segensreiches Ereigniß gepriesen werden muß. Die Wirkung, welche die Lupinen als Vorfrucht auf den nachfolgenden Winterroggen äußern, mußte deshalb ein so großes Aufsehen erregen, weil einestheils die Bedeckung und Beschattung für den leichten Boden von ganz besonderem Nutzen ist, und weil wir für diesen Boden vordem gar keine Pflanze besaßen, welche eine solche Beschattung ausübte. Der Buchweizen, wenn er ausnahmsweise gut

gerieth, zeigte sich zwar schon immer als eine gute Vorfrucht vor dem Winterroggen; aber wie weit bleibt ein Buchweizenfeld (auf dem Sande) in seiner beschattenden Wirkung hinter den Lupinen zurück!

Die Wirkung, welche die blattreichen Gewächse als Vorfrucht auf die folgenden Saaten, und ganz besonders auf die Winterhalmfrüchte äußern, finden wir daher vorzugsweise in dem Einflusse, welchen dieselben durch die Bedeckung und Beschattung während ihrer Vegetationszeit auf die Zusammensetzung und die anderweitige Beschaffenheit des Bodens ausüben, begründet. Man hat die in Rede stehende Wirkung andererseits dadurch zu erklären gesucht, daß man dieselbe den zurückbleibenden Wurzeln und abgefallenen Blättern, als directen Düngungsmitteln, zuschrieb. Man nimmt von den blattreichen Gewächsen an, daß sie ihren ganzen Stickstoffgehalt der atmosphärischen Luft zu entnehmen vermögen; und auf diese Weise würde dann dem Boden, auch nach Aberntung der Pflanzenmasse, in den Ernterückständen eine gewisse Quantität von Stickstoff zugeführt. Und da, wie wir wissen, unter den gewöhnlichen Verhältnissen, im Boden die Aschenbestandtheile der Pflanzen im Verhältniß zum Ammoniak überschüssig vorhanden sind, so muß der Acker durch die Zufuhr von stickstoffhaltigen Substanzen, auch wenn ihm gleichzeitig unorganische Stoffe entzogen werden, für die folgenden Halmfrüchte befruchtet werden. Die Behauptung, daß die blattreichen Gewächse ihren Stickstoffgehalt allein der Atmosphäre zu entnehmen vermögen, ist allerdings insofern ungenau, als diese Pflanzen nicht etwa nur durch die Blätter Ammoniak aufnehmen, und das Ammoniak der Bodenlösung vollständig absperren. Im Gegentheil, auch jene Pflanzen entnehmen ihren Stickstoffgehalt, wie es scheint, vorzugsweise dem Boden; aber sie führen dem Boden mehr Ammoniak aus der Luft zu, als die anderen Pflanzen, und verhindern ebenso die Abdunstung desselben vollständiger. Daher können wir den Stickstoffgehalt der blattreichen Pflanzen immerhin als der Luft entnommen betrachten, und die Ernterückstände von denselben als eine Stickstoffdüngung bezeichnen; müssen dabei aber bedenken, daß, wenn das Ammoniak aus der Atmosphäre durch Vermittelung des Bodens in die Pflanzen gelangt, der Boden auch schon unter Umständen an noch nicht aufgenommenem und assimilirtem Ammoniak bereichert worden sein kann. Aber auch ganz abgesehen von diesen, noch lange nicht genügend aufgeklärten, Verhältnissen, sprechen andere

Thatsachen dafür, daß die Wirkung der blattreichen Gewächse nicht durch die düngende Masse der Ernterückstände erklärt wird.

Wenn wir diese Wirkung, als vorzugsweise begründet durch die Bedeckung und Beschattung bezeichnen, so findet sich diese Annahme vollständig in Uebereinstimmung mit der allbekannten Thatsache, daß die Wirkung der betreffenden Pflanzen zunimmt mit ihrem üppigen und dichten Stand, ja daß sie sogar durch einen solchen bedingt wird, indem ein schlecht bestandenes Feld häufig schädlich auf die Nachfrucht einwirkt. Durch die dünner stehenden Pflanzen kommen dem Boden allerdings auch weniger Ernterückstände zu; aber es kommt ihm doch immer eine gewisse Quantität davon zu, deren düngende Wirkung nur im Verhältniß ihrer geringeren Masse reducirt sein kann. Wenn ferner ein gut bestandenes Kleefeld von Anfang an beweidet wird, oder wenn es im zweiten Jahre gemähet, im dritten aber beweidet wird, so ist die Wirkung des Klees als Vorfrucht für die folgende Wintersaat verschwunden, und man beobachtet dann sogar häufig einen erschöpfenden Einfluß desselben; während er, wenn der Acker nach dem üppigen ersten oder zweiten Schnitt des zweiten Jahres umgeackert und bestellt wird, einen sehr deutlich hervortretenden günstigen Einfluß auf die folgende Winterhalmfrucht äußert. In beiden Fällen ist die Wurzelmasse gleich, oder sie ist in dem erstbeschriebenen Falle auch sogar noch größer; die dessenungeachtet sehr auffallend verschiedene Ernte der Winterfrucht zeigt daher sehr deutlich, daß die Bedeutung der Vorfrucht nicht allein, und sogar nur zum kleineren Theile, in den düngenden Ernterückständen gesucht werden darf. Wer aber hier wiederum die Beschaffenheit des Bodens nach dem ersten oder zweiten üppigen Schnitt des Klees betrachtet, und dieselbe vergleicht mit dem Zustand, in welchem sich der Boden unter dem beweideten dreijährigen Klee befindet, dem wird schon der oberflächlichste Blick kund thun, daß die Fruchtbarkeit der beiden Aecker eine sehr ungleiche sein müsse.

Um die Wirkung der Lupinen als Gründüngung und als Vorfrucht vor dem Winterroggen, welche, wie gesagt, eine ganz außerordentlich stark hervortretende ist, weiter aufzuklären, hat man folgenden Versuch angestellt. Von einem gleichmäßigen Ackerstücke bestellte man die eine Hälfte mit Lupinen, welche grün mit den Wurzeln ausgezogen, auf die zweite, während des Sommers unbestellt gebliebene, Hälfte des Ackers gebracht und dort untergepflügt wurden. Der nach-

folgende Winterroggen gab auf demjenigen Stücke, welches während des Sommers Lupinen getragen hatte, einen nicht unbedeutend höheren Ertrag an Stroh und Körnern, als auf dem mit der grünen Lupinenmasse gedüngten Stücke. Es ist kein Grund vorhanden, die Richtigkeit dieses Versuches, wie paradox das Ergebniß desselben im ersten Augenblicke auch erscheinen mag, zu bezweifeln. Den gebrachten und gedüngten (leichten) Boden haben wir öfters eine geringere Ernte liefern sehen, als den ungedüngten, aber während des Sommers mit Lupinen, welche grün abgemähet wurden, bewachsenen. Der Verlust, welchen der leichte Boden durch die reine Brache erlitten, und der ungünstige, lose Zustand des Bodens nach der Saatfurche wirkten auf der einen Seite so nachtheilig, daß der hinzugebrachte Dünger nicht im Stande war, den günstigen Einfluß, welchen die dichtbeschattenden Lupinen andererseits auf den Boden ausübten, in seiner Wirkung zu erreichen. Anderweitige Versuche haben jedoch den erwähnten gerade entgegengesetzte Resultate ergeben; und das kann durchaus nicht Wunder nehmen, wenn man bedenkt, in wie hohem Grade die Wirkung der Beschattung abhängig ist von dem dichten und üppigen Stand der Lupinen und von der Beschaffenheit des Bodens; und wie auf der anderen Seite auch die Wirkung, und namentlich die Schnelligkeit der Wirkung, des Düngers (des Stalldüngers sowohl, als des Gründüngers) durch die Bodenbeschaffenheit im Allgemeinen, und durch die Art und Weise der Beackerung im Besonderen bedingt wird. Der zusammenhängende, mehr gebundene Zustand des leichten Bodens, welchen wir bei der Umackerung der Lupinenstoppeln deutlich wahrnehmen, und welcher die Folge von der größeren Feuchtigkeit und der Menge von Wurzelfasern ist, trägt in nicht geringem Maße zu dem besseren Gedeihen des Winterroggens bei.

Daß die Bedeutung der blattreichen Gewächse als Vorfrucht zum größten Theile in der Bedeckung und Beschattung des Bodens gesucht werden muß, dafür spricht noch die Beobachtung, daß die zeitig und vollständig *gelagerten* Halmfrüchte (namentlich die Sommerhalmfrüchte), selbst dann, wenn die Lagerung nicht allein die Folge sehr starker Dungkraft, sondern anderer Zufälligkeiten ist, eine ähnliche Einwirkung auf die Beschaffenheit des Bodens und auf die nachfolgende Frucht, wie die blattreichen Gewächse, ausüben. Ueberhaupt gleichen die Halmfrüchte in ihrer jüngeren Vegetationsperiode bis zur Zeit der

Blüthe in allen Beziehungen den blattreichen Pflanzen mehr oder weniger; und man nimmt im Allgemeinen von allen grün abgemäheten Saaten an, daß sie die Ertragsfähigkeit des Bodens entweder nicht verringert, oder sie noch erhöht haben. Die Zeit von der Blüthe bis zur Reife ist es, in welcher die Pflanzen den Boden am meisten angreifen; und auch die reif gewordenen Leguminosen zeigen einen weit weniger günstigen Einfluß als Vorfrucht, wie die im grünen Zustande abgemäheten. Diese Erscheinung beruht einestheils darauf, daß die Bedeckung und Beschattung des Bodens nach der Blüthe allmälig eine immer weniger vollständige wird, und anderentheils darauf, daß der Verbrauch an Nahrungsmitteln, namentlich an Ammoniak, welches letztere in dieser Zeit der Boden ohne erheblichen Ersatz aus der Atmosphäre liefern muß, nach der Blüthe noch ein sehr bedeutender ist. Denn die ältere Annahme, daß die Pflanzen während des Reifens nur wenig Nahrungsstoffe von außen einführten, indem die Samenkörner aus den in den Halmen angehäuften Verbindungen gebildet würden, erschien von vorne herein als widersinnig, da die Gewächse während dieser Zeit noch stark an Gewicht zunehmen, und hat sich auch durch die neueren Untersuchungen als unbegründet erwiesen. Die Pflanzen enthalten zwar vor der Blüthe relativ weit mehr Aschenbestandtheile und Stickstoff, als zur Zeit der Blüthe (S. 93), und noch mehr, als zur Zeit der Reife; aber das Gewicht der Pflanzenmasse nimmt, wie gesagt, nach dieser Zeit noch sehr bedeutend zu (von der Blüthe bis zur Reife etwa um das Doppelte), so daß, wenn auch die Aufnahme und Assimilation von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff verhältnißmäßig mehr vorwiegt, dennoch eine große Quantität von Aschenbestandtheilen und von Stickstoff aufgenommen werden muß.

Die günstige Wirkung der Bedeckung und Beschattung des Bodens hängt natürlich von dem dichten Stand der Pflanzen ab, und in Bezug auf die blattreichen Gewächse (als Vorfrucht vor dem Wintergetreide) ist daher der alte Satz, daß die folgende Ernte von der vorangehenden dermaßen beeinflußt wird, daß die Ergiebigkeit der ersteren im geraden Verhältnisse steht zu derjenigen der letzteren, unbedenklich richtig. Auf die Halmfrüchte kann derselbe allerdings nicht ohne Weiteres angewandt werden, wenn er auch hier sehr häufig zutrifft. Je dünner der Stand der Halmfrüchte, desto hervortretender muß natürlich der Einfluß der mangelnden Beschattung sein, desto größer ist auf

dem leichteren Boden der Verluſt durch die Verdunſtung, und deſto feſter wird der ſchwere Boden, deſto üppiger wuchert das Unkraut. Es kommt nun darauf an, ob die genannten ſchädlichen Einflüſſe ſo bedeutend ſind, daß ſie die Wirkung der Nahrungsmittel, welche eine geringe Ernte dem Boden durch directe Aufnahme weniger entzieht, als eine reichliche, aufwiegen, oder nicht. Da hier natürlich die Beſchaffenheit des Bodens entſcheidet, ſo iſt es ſehr erklärlich, weshalb die Ausſagen der verſchiedenen Beobachter in dieſer Beziehung ſo ſehr von einander abweichen. Ueberhaupt ſtimmen die Beobachtungen über die Vorfrucht häufig ſehr wenig mit einander überein; während die einen die Leguminoſen als eine ſehr ſchlechte Vorfrucht vor ihres Gleichen darſtellen, treten andere mit der entgegengeſetzten Behauptung auf; während die einen den Lein als außerordentlich ausſaugend beſchreiben, wollen andere keinen ungünſtigen Einfluß desſelben auf die Nachfrucht bemerkt haben ꝛc. Die Einwirkung der Vorfrucht hängt, wie geſagt, nicht allein von der Pflanzenart ab, ſondern ganz beſonders von deren mehr oder weniger üppigen Stand; der Einfluß der Saaten auf den Boden hängt von deſſen Beſchaffenheit ab; und die Art und Weiſe der Beackerung und namentlich die Zeit der Beackerung iſt endlich ebenfalls von großer Bedeutung (das Stoppelland der Hülſenfrüchte überzieht ſich bekanntlich ſehr bald mit Unkraut, und muß daher ſofort nach der Aberntung umgepflügt werden). Alle dieſe Verhältniſſe müſſen daher bei den Beobachtungen wohl berückſichtigt werden; anderenfalls können die Reſultate keine allgemeine Bedeutung beanſpruchen. So befördert der Lein, wie faſt keine andere Pflanze, das Emporwuchern des Unkrautes; wie ſehr ſein Einfluß auf die Nachfrucht daher einerſeits von dem Stand des Leins, und andererſeits von dem Grade, in welchem der betreffende Boden zur Production von Unkraut geneigt iſt, abhängen muß, liegt auf der Hand.

So viel aber geht aus den vorliegenden Beobachtungen unzweideutig hervor, daß wenn auch die größere oder geringere Bedeckung und Beſchattung des Bodens, ſowie der mechaniſche Zuſtand desſelben, welcher durch die Beackerung (die für die verſchiedenen Saaten in abweichender Weiſe und namentlich zu verſchiedenen Jahreszeiten ausgeführt werden muß) bedingt wird, hinreicht, um die Erſcheinungen des Fruchtwechſels unter Umſtänden und bis zu einem gewiſſen Grade zu erklären; daß dennoch dieſe Erklärung keine vollſtändige und

allgemein ausreichende ist, sondern daß noch manche Fälle einer anderen Begründung bedürfen. Die Gärtnerei unterscheidet eine Reihe von Pflanzen, welche nicht nebeneinander gedeihen, welche sich nicht miteinander „vertragen," und dagegen wiederum andere, welche neben einander stehend besser wachsen, als jede für sich allein stehend, welche also einen gegenseitigen günstigen Einfluß auf ihre Entwickelung ausüben. Sie unterscheidet ferner zwischen solchen Pflanzen, welche nach einander durchaus nicht gerathen, und solchen, welche gerade am besten wachsen, wenn sie andauernd auf einem und demselben Boden gezogen werden. Hier in den Gärtnereien, wo alle Jahre gedüngt wird und wo es sich hauptsächlich nur um Sommerpflanzen handelt, wo ferner eine gleichartige sorgfältige Bearbeitung die Rücksichten auf die mechanische Beschaffenheit des Bodens fast ganz verschwinden läßt, bedürfen die erwähnten Erscheinungen offenbar einer anderen Erklärung. Man wird in Betreff von Gärten, welche nicht nach den Regeln der Kunst behandelt werden, und in welchen namentlich nicht die gehörige Rücksicht auf den Fruchtwechsel genommen wird, häufig die Klage zu vernehmen Gelegenheit haben, daß ihr Ertrag, trotz des massenhaft hineingebrachten Düngers, von Jahr zu Jahr abnimmt, und daß dies besonders in Ansehung bestimmter Gemüsearten stattfindet, während andere die erwähnte Erscheinung weniger darbieten. Wenn solche Gärten dann einige Jahre unbestellt liegen bleiben, oder wenn sie, statt mit den gewohnten Gartengewächsen, mit Getreide oder Futterkräutern, deren förmlich wuchernde Entwickelung den sehr großen Dungvorrath deutlich zu erkennen giebt, besäet werden, so werden sie dadurch mit der Zeit auch für den Gemüsebau wieder tauglicher und ergiebiger. Daß es hier nicht der Ueberfluß an löslichen Nahrungsmitteln, die zu stark concentrirte Nahrungslösung ist, welche das Mißrathen gewisser Pflanzen veranlaßt, dafür spricht einestheils die Erfahrung, daß eine bloße Ruhe des Bodens genügt, um seine schädliche Einwirkung zu mäßigen und zu beseitigen, und andererseits die Thatsache, daß wenn kein frischer Dünger hineingebracht wird, die betreffenden Pflanzen nicht besser, sondern meistens noch schlechter gedeihen.

Auf dem Ackerboden zeigen sich ähnliche, wenn auch nicht so deutlich ausgeprägte Erscheinungen. Der rothe Klee z. B. geräth in der Regel nur nach einer Reihe von Jahren wiederkehrend; wenn auch der hier erforderliche Zwischenraum sehr ungleich für die verschiedenen

Bodenarten und Klimate ist. Daß diese Thatsache durch die hohen Ansprüche, welche der Klee an den Kaligehalt des Bodens macht, hinreichend erklärt wird, ist sehr zweifelhaft. Der Versuch, ob eine Aschendüngung vielleicht genügt, um den Zeitraum, innerhalb wessen der Klee, ohne im Ertrage zurückzugehen, wiederkehrend angebaut werden kann, abzukürzen, würde darüber sofort entscheiden. In ähnlicher Weise vertragen die Kartoffeln nicht den häufig wiederholten Anbau auf einem und demselben Ackerstücke, sie liefern unter solchen Umständen nicht allein einen allmälig sinkenden Ertrag, sondern verschlechtern sich gleichfalls in Rücksicht ihrer Qualität (sie werden namentlich leicht pockig oder schorfig). Und selbst die jährliche und reichliche Düngung vermag nicht die erwähnten Uebelstände zu beseitigen, welche also erweislich nicht in dem nährenden Theil des Bodens begründet sind. Daß der durch den Kartoffelbau herbeigeführte mechanische Zustand des Bodens, für die Kartoffeln selbst ein ungünstiger sein sollte, darf nicht wohl angenommen werden.

Um solche Erscheinungen und überhaupt den Fruchtwechsel zu erklären, war vor längerer Zeit die Theorie aufgestellt worden, daß die Pflanzen durch ihre Wurzeln gewisse Stoffe, so zu sagen Excremente, ausschieden, welche auf manche Gewächse einen ungünstigen Einfluß hätten, während sie die Entwickelung anderer dagegen zu befördern vermögten. Diese Theorie stützte sich auf die Beobachtung, daß Pflanzen, welche man in Fluß- oder Brunnenwasser vegetiren läßt, dasselbe bald mehr oder weniger dunkel färben, und daß es nöthig ist, dieses gefärbte Wasser durch frisches zu ersetzen, wenn man die Pflanzen unter solchen Verhältnissen noch weiter vegetiren lassen will, weil das gefärbte Wasser nicht allein auf die Gewächse, durch welche es gefärbt wurde, sondern auch auf die übrigen einen schädlichen und sogar einen tödtlichen Einfluß äußert. Genauere Beobachtungen und Untersuchungen haben jedoch ergeben, daß die Pflanzen während ihrer normalen Entwickelung durch die Wurzeln keine organische Verbindungen ausscheiden, und daß insbesondere von Excrementen der Gewächse überall nicht die Rede sein kann. Die vorerwähnte Färbung des Wassers wurde herbeigeführt durch die krankhafte Entwickelung der Pflanzen, welche gezwungen wurden unter unnatürlichen Verhältnissen zu leben, und in Folge dessen durch die Auflösung und Zersetzung der vegetabilischen Masse selbst. Es entstanden auf solche Weise lösliche Humuskörper,

von denen wir schon früher gesehen haben, daß sie der Vegetation vieler Pflanzen hinderlich sind. Wurzelexcremente existiren also nicht, und die auf dieselben gebaute Theorie des Fruchtwechsels ist auch schon längst aufgegeben. Wenn aber organische Verbindungen in ihrem unzersetzten Zustande sowohl, als in dem in Zersetzung begriffenen, ungünstig auf die Entwickelung der Gewächse einwirken können, und zwar auf die einen mehr als auf die anderen, so wäre es möglich, daß die Substanz der dem Boden verbleibenden Ernterückstände das Wachsthum der Nachfrucht zu beeinflussen vermag. Daß in der That gewisse organische Verbindungen, selbst in sehr kleinen Mengen das Wachsthum der Pflanzen und ganz besonders das Keimen der Samenkörner beeinträchtigen und sogar vollständig unterdrücken, ist über allem Zweifel erhaben. Einige ätherische Oele, namentlich das Terpentinöl, tödten bei der größten Verdünnung den jungen Keimling sehr schnell, und daß die löslichen Humussäuren der Vegetation hinderlich sind, braucht kaum öfter in Erinnerung gebracht zu werden. Wie ungleich empfindlich ferner die verschiedenen Gewächse in dieser Beziehung sind, dafür liefern wiederum die Humusextracte ein deutliches Beispiel; wir wissen, daß dieselben auf gewisse Pflanzen sehr günstig einwirken, daß sie sich gegen andere ziemlich indifferent verhalten, und daß sie endlich das Wachsthum noch anderer vollständig unterdrücken. Wir wollen übrigens den in Rede stehenden Einfluß der Ernterückstände auf die Entwickelung der nachfolgenden Saaten durchaus nur als einen vielleicht möglichen bezeichnen, und sind weit entfernt, denselben, bei dem Mangel an weiteren thatsächlichen Grundlagen, als wahrscheinlich hinzustellen. Der Fruchtwechsel gehört zu den allerwichtigsten Verhältnissen des Ackerbaues; durch eine richtige Fruchtfolge kann sehr viel Dünger und Arbeit gespart werden, und bei einer unzweckmäßigen wird der größte Aufwand von Dünger und Arbeit nur mittelmäßige Erfolge haben. Die Aufklärung aller, die Erscheinung des Fruchtwechsels bedingenden Ursachen ist daher für die Wissenschaft und für den Ackerbau von dem größten Interesse. Das bis jetzt in dieser Beziehung Geschehene ist nicht vollständig genug und reicht nicht aus zur Erklärung aller Erscheinungen.

Wie im Allgemeinen Entdeckungen von großer Wichtigkeit im ersten Augenblicke leicht Veranlassung zur Ueberschätzung ihrer Tragweite geben, wie z. B. nach der Entdeckung der Zusammensetzung

unſerer Atmoſphäre und der Bedeutung, welchen der Sauerſtoff für den Lebensunterhalt der Thiere und Menſchen hat, die Entſtehung aller Krankheiten aus einer unpaſſend gemiſchten Luft, und ganz beſonders aus einem Mangel an Sauerſtoff abgeleitet wurde; ſo glaubte man nach der Entdeckung der wahren Pflanzennahrungsmittel, und insbeſondere nach der Feſtſtellung des nothwendigen Antheils, welchen die ſogenannten unorganiſchen Beſtandtheile der Gewächſe bei deren Ernährung beſitzen, den Schlüſſel für alle Erſcheinungen des Pflanzenlebens und des Ackerbaues gefunden zu haben. Auch der Fruchtwechſel wurde von dieſem Geſichtspunkte aus erklärt. Da die verſchiedenen Pflanzen dem Boden ſehr ungleiche Mengen von den einzelnen Aſchenbeſtandtheilen entziehen, da die einen vorzugsweiſe Kali, die anderen Kalkerde und die dritten endlich Kieſelerde zu ihrer Ausbildung bedürfen, ſo erſchien es als ganz ſelbſtverſtändlich, daß ein Boden durch den abwechſelnden Anbau von Kali-, Kalk- und Kieſelpflanzen länger ertragsfähig bleiben müſſe, als durch den fortgeſetzten Anbau ſolcher Gewächſe, welche gleiche Anſprüche an den Boden machen. Der Acker, welcher nicht mehr Kali genug enthält zur Erzeugung von Kalipflanzen, iſt noch fruchtbar für die Kalk- oder Kieſelpflanzen, und umgekehrt. Die Unfehlbarkeit dieſer Theorie ſchien um ſo ſicherer, als man von den Nahrungsmitteln der Gewächſe im Boden vorzugsweiſe nur die Aſchenbeſtandtheile berückſichtigen zu dürfen glaubte, indem man die Fähigkeit der Ackerbaupflanzen, ihren Stickſtoff dem Ammoniakgehalt der Atmoſphäre zu entnehmen, überſchätzte, und das ſehr ungleiche Verhalten, welches in dieſer Beziehung die verſchiedenen Pflanzen zeigen, überſah.

Für ſolche Aecker, welche überhaupt Mangel an den Aſchenbeſtandtheilen der Gewächſe haben, oder in welchen wenigſtens ein verhältnißmäßiger Ueberſchuß von denſelben nicht vorhanden iſt, muß natürlich die in Rede ſtehende Theorie des Fruchtwechſels ihre Anwendung zur theilweiſen Erklärung desſelben finden; wobei jedoch immer noch zu berückſichtigen bleibt, daß, wie ſchon mehrmals angedeutet wurde, der Aſchengehalt der Pflanzen keinen vollgültigen Maßſtab für deren Anſprüche an die Nahrungslöſung abgiebt, daß die kalireichſte Pflanze z. B. nicht gerade diejenige zu ſein braucht, welche die concentrirteſte Kalilöſung zu ihrer Entwickelung verlangt ꝛc. In der Wirklichkeit aber ſind, wie wir wiſſen, in den allermeiſten Ackererden die unorganiſchen Beſtandtheile der Pflanzen und namentlich das Kali, die Kalkerde und

die Kieselsäure in verhältnißmäßig überschüssiger Menge vorhanden, und für den Anbau der Halmfrüchte herrschen sie mindestens im Verhältniß zu dem erforderlichen Ammoniakgehalt weit vor. Außer diesen Betrachtungen spricht noch eine Reihe von wohl constatirten Thatsachen dafür, daß wenn unter den gewöhnlichen Verhältnissen die ungleichen Mengen von den einzelnen Aschenbestandtheilen, welche die Pflanzen dem Boden entziehen, die Erscheinung des Fruchtwechsels überhaupt zum Theil bedingen, dieser ihr Antheil doch immer nur ein ganz verschwindend kleiner sein kann, und daß derselbe in gar keinem Verhältnisse zu den Ursachen steht, welche, als dabei mitwirkend, im Vorangehenden ausführlicher besprochen worden sind.

Die alleinige Zufuhr von unorganischen Stoffen (Aschendüngung) in einer so geringen Quantität, wie sie in der Ernte gebunden sind, oder wie sie gar in der einen Ernte in größerer Menge zugegen sind, als wie in der anderen, übt unter allen Umständen, nach einer jeden und vor einer jeden Saat, nur einen sehr geringen Einfluß aus. Möge man dem Boden die Kieselsäure, welche die Halmfrüchte, oder die Kalkerde, welche die Leguminosen, oder das Kali, welches die Kartoffeln und Rüben ihm entzogen hatten, überreichlich ersetzen, ihr Einfluß, welchen sie als Vorfrucht auf die folgende Saat ausüben, wird dadurch nicht in einer erkennbaren Weise geändert werden. Der Dünger, welchen wir dem Boden meist für die ganze Rotation, oder doch wenigstens für eine bestimmte Reihe von Ernten, ausreichend mit einem Male geben, bietet den Gewächsen dieser Reihe alle erforderlichen unorganischen Bestandtheile dar; wenn dennoch die Reihenfolge dieser Gewächse eine große Bedeutung für die Höhe der Ernten hat, so ist es klar, daß die unorganischen Salze, welche ja in jedem Falle in gleicher Menge dargeboten werden, an dieser Erscheinung keinen Antheil haben. Gegen diesen Beweis könnte freilich noch eingewendet werden, daß der Dünger nicht ganz aus disponibelen Nahrungsmitteln besteht, sondern erst während einer gewissen Zeit darin übergeht, und daß also, wenn etwa zwei Kieselpflanzen hintereinander nicht gedeihen, und durch eine Blattfrucht getrennt einen höheren Ertrag geben, dies dennoch darin seinen Grund haben könne, daß die erste Ernte den löslichen Kieselsäurevorrath des Bodens zu sehr erschöpft hat, und daß dieser erst allmälig durch die Zersetzung des Düngers und der Bodenbestandtheile wieder erhöhet werden muß. Da aber die Erscheinung

des Fruchtwechsels dieselbe bleibt, wenn man den Dünger in der aufgeschlossensten Form anwendet, da ferner der ungünstige Einfluß einer schlechten Vorfrucht nicht durch eine Düngung mit den Aschenbestandtheilen, wohl aber durch Ammoniakzufuhr bis zu einem gewissen Grade paralysirt werden kann, so verliert dieser Einwurf seine Bedeutung, und wir müssen an der Ansicht festhalten, daß die Wirkung, welche die Pflanzen als Vorfrucht auf einander ausüben, im Allgemeinen nicht auf dem verschiedenen Verbrauch von unorganischen Bestandtheilen beruht.

Wenn es noch nöthig ist, hier weitere Beweise beizubringen, so erinnern wir daran, daß manche Pflanzen selbst bei einer reichlichen jährlichen Düngung nicht hintereinander gerathen, daß ferner auf leichtem Boden die Kartoffeln vor dem Winterroggen eine sehr schlechte, vor dem Sommerroggen aber eine sehr gute Vorfrucht darstellen, während beide Roggenarten doch gleich viel von den unorganischen Salzen zu ihrer Entwickelung bedürfen. Diese letztgenannte Thatsache findet übrigens nicht in der verspäteten Einsaat des Winterroggens, wie man meistens annimmt, ihre Erklärung, denn der gleichzeitig gesäete Roggen bringt auf dem an dem Kartoffellande angrenzenden Acker gewöhnlich einen nicht unbedeutend höheren Ertrag. Die starke Lockerung des leichten Bodens trägt jedenfalls einen großen Theil der Schuld, weshalb der Winterroggen nach Kartoffeln nicht gut gedeihet. Dieses eben erwähnte Beispiel zeigt übrigens, ebenso wie manche der früher angeführten, sehr deutlich, daß man aus dem Wachsthum der Nachfrucht keinen unmittelbaren Schluß auf die erschöpfende Wirkung einer Ernte machen darf. —

Es ist eine im Ackerbau schon längst gemachte Erfahrung, daß die Gemengesaaten in der Regel einen besseren Ertrag geben, als die reinen, unvermischten Saaten. Diese Erscheinung findet zum Theil in dem Einfluß des Schutzes und der Beschattung, welche die eine Pflanze der anderen gewährt, ihre Begründung. So erklärt sich das bessere Gedeihen der jungen Kleesaat unter einer Oberfrucht, ferner die verhältnißmäßige Ueppigkeit, mit welcher die Sommerhalmfrüchte im Verein mit den Leguminosen auf Bodenarten wachsen, auf welchen sie für sich allein kaum fortkommen würden; und auch der gute Ertrag, den die Erbsen auf leichtem Boden unter Sommerroggen zu geben pflegen, läßt sich noch durch den Schutz, welchen der rascher wachsende

Roggen den jungen Erbsenpflanzen gewährt, erklären. Wir haben es hier also mit demselben Grunde zu thun, welcher das Wuchern des Unkrautes zwischen den nicht geschlossen stehenden blattreichen Gewächsen, und unter einer unvollständigen Bedeckung des Bodens überhaupt, bedingt. Wenn aber auch die Halmfrüchte im Gemenge, wenn z. B. Hafer und Gerste, oder Weizen und Roggen, einen höheren Ertrag geben, als einzeln, so reicht zur Erklärung dieser Erscheinung jener Grund offenbar nicht mehr aus. Wollte man statt dessen darauf verweisen, daß die verschiedenen Früchte sehr ungleich empfindlich gegen die Einflüsse der Witterung sind, daß deshalb die eine in dem einen, die andere in dem anderen Jahre besser gerathe, und daß die Gemengesaaten insofern immer einen sicheren Gewinn liefern müßten, da, wenn die Witterung dem einen Theile ungünstig ist, der andere den Ausfall deckt; so reicht auch dieser Grund, obgleich er gewiß nicht ohne Bedeutung ist, nicht aus, wenigstens dann nicht, wenn jene Beobachtung, daß in dem Gemenge der eine Theil öfters einen höheren Ertrag giebt, als die betreffende Ackerfläche davon geliefert haben würde, wenn sie allein mit demselben bestanden gewesen wäre, hinreichend genau constatirt ist. Es bedarf hier, wie gesagt, noch weiterer Untersuchungen.

Die Ruhe des Bodens.

Wenn auch die Ansicht über die Nothwendigkeit des Ausruhens der Ackererden ursprünglich aus einer falschen Analogie zwischen der Thätigkeit des Bodens und der Arbeit der Thiere und Menschen hervorgegangen sein mag, so läßt sich doch nicht leugnen, daß die Ruhe des Bodens unter Umständen ihre berechtigte Bedeutung gehabt hat und theilweise noch jetzt hat. Der Ackerbau beschränkte sich früher ganz vorzugsweise auf den Anbau der Getreidearten, und namentlich der Halmfrüchte. Den Ackerboden auf solche Weise alljährlich zu bestellen, ist, wie wir wissen, nur in einzelnen, durch die Fruchtbarkeit ihrer Ländereien ausnahmsweise gesegneten, Gegenden möglich; unter den gewöhnlichen Verhältnissen aber muß bei einer solchen Fruchtfolge die Ertragsfähigkeit der Aecker sehr bald sinken, und sie kann, wenn eben

der Anbau auf jene Früchte beschränkt bleiben soll, nur durch die zeitweilige Ruhe des Bodens restaurirt werden. Es ist hier nicht allein der Düngezustand, nicht allein die Erschöpfung des Bodens an Ammoniak, welche die Ruhe nöthig macht; wäre dies der Fall, so müßte dieselbe jetzt, wo der Dünger ein Handelsartikel geworden, auch bei einer jeden Fruchtfolge entbehrlich sein. Wir haben einen leichten Boden etwa zehn Jahre lang hinter einander mit Winterroggen bestellen sehen; er erhielt dabei jedes andere Jahr eine Düngung mit Stallmist, und dazwischen mitunter noch Post. Der Roggen entwickelte sich auch in den letzten Jahren noch anscheinend gut, besonders in den ersten Vegetationsperioden; er brachte auch reichlich Stroh, ging aber im Körnerertrage unaufhaltsam zurück. Und in demselben Maße vermehrte sich von Jahr zu Jahr das Unkraut jeglicher Art. Es existirt überhaupt ein gewisser Gegensatz zwischen der Samenbildung der Getreidearten und dem Wachsthum des Strohes, und man kann bekanntlich aus dem üppigen Stand einer Saat nie mit Sicherheit auf den Körnerertrag schließen; das Wachsthum des Strohes, oder, was dasselbe ist, die Entwickelung der Getreidearten in ihren jüngeren Vegetationsperioden, ist im Allgemeinen gleichlaufend mit der Krautbildung überhaupt, und derjenige Boden, welcher sich in seinem natürlichen Zustande mit einer üppigen Narbe überzieht (der feuchte Boden), pflegt auch reichlich Stroh zu produciren. Und so sehen wir auch in dem eben erwähnten Falle den Boden für die Stroh- und Unkrautbildung gleich günstig, dagegen in der Körnerproduction stark nachlassend.

Neben der Erschöpfung des Nahrungsmittelgehaltes sind die mechanische Lockerung des leichten Bodens, und das Wuchern des Unkrautes die Uebelstände, welche dem fortgesetzten Halmfruchtbau entgegenstehen, und welche die Ruhe des Bodens wieder zu verbessern hat. Was zunächst den Nahrungsmittelgehalt betrifft, so wird derselbe durch die Ruhe nicht allein auf der alten Höhe erhalten, sondern zugleich durch den Antheil vermehrt, welchen die natürliche Grasnarbe der Atmosphäre entzieht, und welchen dieselbe in der, bei der Gründüngung besprochenen Weise aus dem von unten aufsteigenden Capillaritätsstrom der Bodenflüssigkeit fixirt. Daß der Boden ferner in der Zeit, wo er von den Ackerwerkzeugen vollkommen verschont bleibt, wieder fester werden, „sich setzen" muß, bedarf weiter keiner Erläuterung. Der einmal gelockerte Boden erfordert übrigens eine ganz auffallend lange

Zeit, um die Festigkeit wieder zu erlangen, welche er ursprünglich besaß. Wenn man in einem leichten Boden eine Grube gräbt, so wird man zehn, und selbst zwanzig Jahre nach ihrer Verschüttung ihren alten Umfang noch sehr deutlich erkennen; und es wird kaum möglich sein, innerhalb des Umfanges der alten Grube eine neue etwas kleinere mit glatten Wänden herzustellen, weil die noch lockeren Erdmassen herausfallen. Um die Herstellung der ursprünglichen Festigkeit kann es sich aber auch im Ackerbau nie handeln; eine gewisse Lagerung des leichten Bodens ist jedoch zum Gedeihen des Roggens unbedingt nothwendig; ob die Wirkung derselben auch eine directe oder nur eine indirecte ist, lassen wir dahingestellt. Die Vertilgung des Unkrautes endlich wird durch die Ruhe des Bodens in einem hohen Grade erreicht; und schon die vom ersten Jahre der Ruhe an abnehmende Entwickelung der Narbe (mit Ausnahme der ziemlich feucht und dabei warm und locker liegenden Aecker) zeigt dies deutlich. Auch der leichte Sandboden, wenn er nicht zu grobkörnig ist, überzieht sich während der Zeit, wo er nicht beackert, und von keiner schattenden Pflanzenmasse bedeckt wird, sehr bald mit einer harten Kruste, welche das Eindringen der atmosphärischen Luft verhindert, und erstickend auf die meisten Pflanzen der Narbe einwirkt.

Daß die Ruhe des Ackerbodens also in der beschriebenen Weise einen günstigen Einfluß ausübt, unterliegt durchaus gar keinem Zweifel; und es fragt sich daher nur, ob ein gleicher Einfluß nicht auf andere, weniger kostspielige Art hergestellt werden kann. Diese Frage muß für die meisten Fälle unbedingt bejahend beantwortet werden. Die Conservirung und Bereicherung des Nahrungsmittelgehalts des Bodens wird durch den Anbau der blattreichen Gewächse in dem Maße, als sich dieselben unter den vorhandenen Bedingungen üppiger entwickeln, wie die natürliche Flora, besser erreicht; und das selbst schon dann, wenn sie abgemähet werden, weit mehr aber noch, wenn sie als eine wirkliche Gründüngung untergepflügt werden. In gleicher Weise bieten die blattreichen Gewächse, wenn sie nur *üppig aufwachsen und vollkommen geschlossen* stehen, ein Mittel zur Vertilgung des Unkrautes dar. Von den Lupinen hat man zwar neuerdings häufig behaupten wollen, daß sie eine starke Verqueckung des Bodens veranlaßten; das ist jedoch nur richtig, wenn dieselben nicht üppig und geschlossen genug stehen, alsdann befördern sie, wie jede andere blattreiche

Pflanze unter denſelben Verhältniſſen, allerdings das Wachsthum der Unkrautpflanzen; im Uebrigen aber haben wir nie einen reineren Boden geſehen, wie unter einer vollſtändig bedeckenden und beſchattenden Lupinendecke. Wo das Licht faſt gänzlich abgeſchnitten iſt, muß natürlich jede Pflanze zu Grunde gehen. Neben den blattreichen Gewächſen gewähren die Hackfrüchte ein zweites Mittel zur Unkrautvertilgung; und die Ruhe des Bodens erſcheint daher auch in dieſer Beziehung als vollkommen erſetzbar. Weniger vollkommen mag dies in Betreff der Ablagerung des zu ſehr gelockerten leichten Bodens der Fall ſein. Da indeſſen die ſchattende Lupine (denn für den leichten Boden exiſtirt nur dieſe einzige vollkommen ſchattende Pflanze), als Sommergewächs, nur eine Frühjahrsbeackerung erfordert, und der Boden dann bis zur Herbſtſaatfurche ungerührt liegen bleibt; da ferner die Feuchtigkeit, in welcher der Boden durch die Beſchattung erhalten wird, die Lagerung der Erdtheile befördert, und da endlich noch das vielverzweigte Wurzelnetz die Ackerkrume mehr zuſammenhält: ſo erſcheint auch zur Befeſtigung des leichten Bodens eine mehrjährige Ruhe nicht als nothwendig. Und jedenfalls ſind die früher beſprochenen Vortheile, welche der Lupinenbau in mehrfacher Hinſicht gewährt, ſo überwiegend, daß es nicht zu rechtfertigen ſein würde, wenn man den leichten Boden, welcher üppige Lupinen hervorzubringen vermag, mehre Jahre lang ruhen laſſen wollte.

Die Ruhe des Bodens hat früher den Fruchtwechſel erſetzen müſſen; ſie hat in demſelben die Stelle der blattreichen Gewächſe und der Hackfrüchte vertreten. Die Lupinen haben dieſelbe jetzt auch für den leichten Boden, für welche ſie noch bis in die neueſte Zeit hinein als nothwendig erachtet werden mußte, entbehrlich gemacht.

Die Brache.

Die Ruhe des Bodens hat der weiteren Ausbildung der Wechſelwirthſchaft weichen müſſen; ſie blieb, wie geſagt, ſeitdem nur beſchränkt auf die leichten Bodenarten, und wird außerdem (bei beſſerem Boden) nur noch anzutreffen ſein in Gegenden, welche überhaupt von dem bedeutungsvollen Fortſchritt der Landwirthſchaft in der neueren Zeit unberührt geblieben ſind. Dagegen hält man es jedoch meiſtentheils auch

jetzt noch für nöthig, den Acker in bestimmten Zwischenräumen einmal nicht zu besäen, und ihn statt dessen wiederholt zu beackern, ihn zu brachen. Der Zweck der Brache ist die möglichst vollständige mechanische Lockerung und Aufschließung des allmälig erhärteten Bodens, ferner die Vertilgung des Unkrautes, und endlich die Beförderung der chemischen Zersetzung des Bodens.

Bei einer näheren Betrachtung dessen, was durch die Brache erreicht werden soll und in der That erreicht wird, ist es sofort klar, daß dieselbe für den leichten Boden nicht allein entbehrlich, sondern sogar sehr schädlich ist. Die Lockerheit des Bodens ist hier schon so groß, daß man nicht sowohl darauf Bedacht zu nehmen hat, dieselbe zu vergrößern, als vielmehr sie zu vermindern. Die Vertilgung des Unkrautes ist entweder (für den ganz leichten Sandboden) nicht nothwendig, oder sie kann durch die Anwendung eines richtigen Fruchtwechsels erzielt werden. Die Beförderung der chemischen Zersetzung des Bodens aber ist während der Zeit, wo derselbe nackt und unbedeckt liegt, und wo keine Mittel vorhanden sind, die gebildeten flüchtigen Zersetzungsprodukte zu binden, von ganz erheblichem Verlust begleitet. Dieser Verlust ist so bedeutend, daß man einen gedüngten leichten Boden, wenn man ihn, anstatt zu besäen, nur wiederholt beackert, fast rascher und stärker erschöpft, als durch die Bestellung mit einer Halmfrucht. In dem leichten Boden ist der Verlust an Nahrungsmitteln der Gewächse ohnehin schon groß genug; und man hat hier vor allen Dingen darauf zu sehen, daß der Boden während der warmen Jahreszeit so vollständig wie möglich bedeckt und beschattet ist. Die Brache befördert den Verlust, die Bestellung mit blattreichen Gewächsen verhindert denselben nicht allein, sondern bereichert sogar den Boden. Die zu häufige Beackerung des leichten Bodens ist in jeder Beziehung schadenbringend, sie versetzt den Acker in den fein pulverisirten Zustand, von dem wir schon früher anführten, daß er nicht der geeigneten mechanischen Beschaffenheit entspreche. Die Austrocknung der Ackerkrume wird dadurch direct befördert; und der Uebergang des in mehrfacher Beziehung wichtigen Capillaritätsstromes von den unteren Schichten in die gelockerte und ausgetrocknete Ackerkrume mehr oder weniger behindert und aufgehoben. In Sandgärten, welche durch Spatencultur alljährlich sorgfältig bearbeitet, und während des Sommers gejätet und behackt werden, beobachtet man häufig im Frühjahr, daß die Winter-

feuchtigkeit nur etwa einen halben Fuß tief eingedrungen ist, und daß unter dieser angefeuchteten Schicht ein staubig trockener Sand liegt. Und das findet man sogar bei einem kaum 3 Fuß über dem Niveau des unmittelbar angrenzenden Gewässers belegenen Boden. Es ist schon öfters erwähnt, daß der Winterroggen (und auch der Sommerroggen) auf einem stark gelockerten leichten Boden nicht gut geräth; eine reine und glatte Saatfurche bezahlt hier die darauf verwandte Arbeit sehr schlecht. Und wenn der Roggen nach Lupinen vorzugsweise gut geräth, so trägt die mehr zusammenhängende, und ein ziemlich unordentliches Aussehen darbietende Beschaffenheit des, nur durch eine Furche zur Saat bestellten, Ackers sicher einen beachtenswerthen Theil zur Erzielung des günstigen Resultates bei. Um bei dem leichten und trockenen Boden so viel wie möglich das unnütze und schädliche Pulverisiren vermeiden zu können, ist ein gut deckender Pflug von großer Wichtigkeit. Wenn man mit einem solchen den Acker einfährig zur Saat bestellt, indem man die, wenn auch ziemlich entwickelte Narbe so tief, wie es angeht, nach unten stürzt, wo sie während der Vegetationsperiode in Zersetzung übergeht; so wird man dadurch nicht allein Arbeit ersparen, sondern dabei auch bessere Resultate erzielen, als durch eine mehrmals wiederholte Beackerung, welche allerdings mitunter die unvollkommeneren Ackerwerkzeuge unvermeidlich machen.

In Bezug auf den schweren Boden ist die vollständige Brache bei gewissen Fruchtfolgen, und überhaupt bei einem niedrigen Düngezustand nicht zu umgehen. Unter den Halmfrüchten und auch unter den übrigen, nicht vollständig schattenden Saaten, erhärtet der Boden allmälig so stark, oder wird von dem Unkraut so sehr überwuchert, daß eine sorgfältige Brachbearbeitung in nicht zu langen Zwischenräumen nothwendig ist, um die erwähnten Uebelstände wieder zu beseitigen. Bei einer ausgebildeten rationellen Wechselwirthschaft aber kommen jene Uebelstände gar nicht vor. Unter den üppigen Blattpflanzen tritt keine Erhärtung des Bodens ein; im Gegentheil, derselbe wird durch den Einfluß der vollkommenen Beschattung porös gemacht und aufgeschlossen. Wenn aber der Klee erst in die dritte Tracht des, ohnehin nur in mittelmäßiger Dungkraft stehenden, Ackers gesäet wird; wenn dieser alsdann noch dazu drei oder auch wohl vier Jahre mit dem Klee, welcher an manchen Orten schon von Anfang an beweidet wird, liegen bleibt: so muß unter solchen Umständen

der Boden Anfangs bei der halben Beſchattung die Unkräuter zahlreich emporſchießen laſſen, ſpäter aber bei dem immer mehr zurücktretenden Klee ganz außerordentlich erhärten. Bei einem ſolchen Wirthſchaftsſyſtem (welches aber mit einem rationellen nichts gemein hat) iſt allerdings eine reine Brachbearbeitung unumgänglich nothwendig; und ſie wird dennoch kaum ausreichen, um einen ſo günſtigen Zuſtand herbeizuführen, wie er nach dem erſten oder zweiten üppigen Kleeſchnitt durch eine oder höchſtens zwei Furchen hergeſtellt werden kann. Bei einem ſolchen Wirthſchaftsſyſtem iſt auch nicht eine ſo hohe Dungkraft des Bodens zu erzeugen, welche nothwendig iſt, um das üppige Wachsthum der Blattfrüchte zu ſichern, welches in jeder Beziehung ebenſo vortheilhaft iſt, als eine kümmerliche Entwickelung derſelben nachtheilig. Neben den blattreichen Gewächſen bieten die Hackfrüchte ein ausgezeichnetes Mittel zur mechaniſchen Bearbeitung des Bodens und Vertilgung der Unkräuter dar; und wenn man ferner berückſichtigt, daß die Zerſetzung der Bodenbeſtandtheile unter dem dichten Schatten der Laubdecke in einer ſehr günſtigen Weiſe befördert wird, die dadurch gebildeten flüchtigen Zerſetzungsprodukte aber gleichzeitig am Entweichen behindert ſind: ſo wird man zugeben müſſen, daß die Brache in jeder Beziehung durch eine richtige Wechſelwirthſchaft für die meiſten Aecker entbehrlich gemacht werden kann; zumal jetzt in den käuflichen Dungſtoffen ein Mittel gegeben iſt zur ſchnelleren Steigerung der Dungkraft des Bodens, von welcher das ſichere Gedeihen der Laubpflanzen abhängig iſt. *Unentbehrlich* bleibt die Brache daher nur für die ſchweren und *naſſen* Ländereien, deren ungünſtige Beſchaffenheit keinen *üppigen* Kleewuchs zuläßt. *Unvortheilhaft* kann die Abſchaffung der Brache auf ſolchen Ländereien, welche dieſelbe auf die ſo eben angedeutete Weiſe möglich machen, nur da ſein, wo der Anbau der Halmfrüchte im Vergleich zu den übrigen Früchten, und namentlich zu den Futterkräutern, einen unverhältnißmäßig höheren Gewinn abwirft.

Die Anſicht, nach welcher der hauptſächlichſte Nutzen der Brache in der beförderten Zerſetzung der Mineralien des Bodens beſteht, hat ſchon in dem früher Geſagten ihre Widerlegung gefunden. Die Brache iſt nicht allein durch Düngung zu erſetzen, am allerwenigſten aber durch eine Aſchendüngung; ſondern vielmehr durch die Einführung einer zweckentſprechenden Fruchtfolge.

Die Wieſe.

Wenn wir unter Wieſe nicht ſowohl jedes, für eine längere Zeit dem ausſchließlichen Futterbau gewidmetes Ackerland, alſo nicht jedes Luzern- oder Eſparſettefeld ꝛc., ſondern nur ſolche, mit einer natürlichen Grasnarbe überzogenen Flächen begreifen, welche wegen ihrer eigenthümlichen Lage und Beſchaffenheit als Ackerland nicht, oder doch wenigſtens nicht mit Vortheil, zu benutzen, und die ſogar dem Pfluge meiſtentheils unzugänglich ſind; ſo kommen in Betreff der Fruchtbarkeit und Behandlungsweiſe dieſer Wieſen (namentlich der Moorwieſen) einige abweichende Erſcheinungen vor, deren Theorie wir, ſoweit ſich eine ſolche geben läßt, in dem Folgenden zuſammenſtellen wollen.

Als eine Eigenthümlichkeit der Wieſen muß zunächſt die Thatſache erwähnt werden, daß dieſelben in der Regel, ohne Dünger zu erhalten, mehr gleichbleibende Erträge liefern, als das Ackerland. Dieſe Erſcheinung findet ihre Erklärung einmal darin, daß die Gräſer und Kräuter der Wieſe theilweiſe einer nur verdünnten Nahrungsmittellöſung zu ihrer Entwickelung bedürfen; ferner darin, daß ſie ihren Stickſtoffbedarf vorzugsweiſe der Atmoſphäre entnehmen, indem die Wieſen die ſtärkſten Thauniederſchläge veranlaſſen, und das in dem Regen-, Schnee-, Thauwaſſer zugeführte Ammoniak vermöge ihrer feuchten und humoſen Beſchaffenheit nicht leicht wieder abdunſten laſſen; endlich darin, daß die Wieſen häufig auch in Anſehung der übrigen Nahrungsmittel von der Natur gedüngt werden. Dieſe natürliche Nahrungsmittelzufuhr geſchieht entweder durch überſtauendes Waſſer, und zwar durch die darin gelöſten Stoffe ſowohl, als die ſuspendirten Schlamm- und Schuttmaſſen; oder durch einen von unten, durch die

losen Erdmassen aufsteigenden Quell- oder Capillaritätsstrom; oder durch Tagewässer, welche, von den umgebenden Anhöhen herabfließend, die auf ihrem Wege berührten Dungstoffe in Lösung und Suspension mit herunterbringen. In jedem Falle müssen die fruchtbaren Wiesen hinreichend feucht gelagert sein. Wenn dieselben aber auch ohne Dünger ziemlich gleichbleibende Erträge liefern, so folgt daraus noch keineswegs, daß sie des Düngers gar nicht bedürfen, und daß sie gegen eine künstliche Düngung unempfindlich sind; im Gegentheil, die Wiesen sind oft weit empfindlicher und dankbarer dagegen wie der Ackerboden. Es giebt auch Aecker, denen eine stetige natürliche Nahrungsmittelquelle zukommt, und welche deshalb, ohne künstlich Dünger zu bekommen, auf einer gewissen Höhe der Ertragsfähigkeit erhalten werden können; besonders dann, wenn durch einen entsprechenden Fruchtwechsel der Stickstoffgehalt (Ammoniakgehalt) der Atmosphäre gehörig ausgenutzt wird.

Ausgedehnte Wiesenflächen finden wir regelmäßig an den Rändern der Flüsse und den angrenzenden Thalniederungen. Der Wiesengrund besteht hier entweder aus zersetzter und in Zersetzung begriffener Pflanzensubstanz, aus Moder und Torf, oder aus sedimentären Schuttmassen, aus Quarzsand, Thon und kohlensaurer Kalkerde. So weit sich das Wasser durch die im Niveau des Flusses liegenden, oder nur wenig über demselben erhabenen Schichten verbreitet, giebt es zur Entstehung von Wiesen Veranlassung, welche es unterhält, und welche somit als zum Bereiche des Flusses gehörig bezeichnet werden müssen.

Wie die Torf- und Moorwiesen entstehen, ist früher (S. 153) beschrieben worden. Wenn sich der Grund derselben so weit erhoben, daß er ein wenig unter dem Niveau eines angrenzenden Gewässers liegt, und in Folge dessen fortdauernd von demselben überspült wird, so pflegen sie einen recht guten Ertrag an Futter zu geben, welches, wenn es auch nur von geringerer Qualität ist, doch von dem Vieh ziemlich gern und ohne nachtheilige Folgen verzehrt wird. Wenn sich diese Wiesen dann allmälig erhöhen, so bleiben sie noch so lange ziemlich fruchtbar, als sie wenigstens zur Zeit des Hochwassers überfluthet werden; vorausgesetzt jedoch, daß das überstauende Wasser später einen vollständigen Abzug hat, und nicht etwa stagnirend auf und in dem Wiesengrund zurückbleibt. Führte das Hochwasser Schutt- und Schlammmassen in Suspension mit sich, so läßt es diese natürlich an den Seiten,

wo die Strömung am geringsten ist, vorzugsweise fallen, und die Ueberstauung wirkt alsdann um so befruchtender. Die Erhebung der Wiesen schreitet aber mit größerer oder geringerer Schnelligkeit vor, und in demselben Maße, als sich dieselben über dem Niveau des Gewässers erhöhen, und sich der Ueberfluthung und Ueberstauung entziehen, läßt in der Regel ihre natürliche Fruchtbarkeit nach; und die dem Wachsthum nahrhafter Futterkräuter ungünstigen Eigenschaften nehmen immer mehr zu. Die moorigen Substanzen besitzen eine große Attractionskraft zum Wasser, und einmal durchnäßt gestatten sie dem Wasser schwer Durchgang. Aus dieser Ursache werden die mehr erhabenen Moorwiesen nicht von dem fließenden Wasser durchströmt; es findet kein lebhafter, von unten bis an die Oberfläche der Wiese sich hinaufziehender Capillaritätsstrom statt, und umgekehrt wird das schwer durchsickernde atmosphärische Wasser zurückbehalten, und nicht wie durch die losen Sandschichten dem Gewässer zugeführt. Das die Poren des Moorgrundes erfüllende stagnirende Wasser sperrt den Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffs ab, welcher, wie wir wissen, eine nothwendige Bedingung für die Entwickelung der höheren Pflanzen ist. In Folge dessen geht die Zersetzung des Humus einen anderen Gang, als wie an der freien Luft; statt der Kohlensäure erzeugen und entwickeln sich Kohlenwasserstoff, freies Wasserstoffgas (Phosphor- und Schwefelwasserstoff), und gleichzeitig entstehen lösliche Humusverbindungen, deren Gegenwart das gelb und braun gefärbte Wasser zu erkennen giebt, und welche großentheils saure Eigenschaften besitzen; weshalb solchen Wiesen der Name saure Moorwiesen beigelegt worden ist. Alle die genannten Verhältnisse sind dem Wachsthum der Gräser und Futterkräuter in demselben Maße hinderlich, als sie das üppige Wuchern des Mooses befördern. Die sauren Wiesen überziehen sich deshalb mit einem dichten Moospolster, welches die spärlichen höheren Pflanzen allmälig immer mehr verdrängt, theils direct, indem es dieselben überwuchert, theils indirect, indem es als dichtes Filzgewebe das Eindringen der atmosphärischen Luft auch in die obersten Schichten verhindert. Diejenigen Pflanzen, welche unter solchen Umständen noch aufzukommen vermögen, besitzen einen sehr untergeordneten Futterwerth, und erzeugen, wenn sie aus Noth vom Vieh gefressen werden, besonders im grünen Zustande, weniger im getrockneten, tödtliche Krankheiten.

Die Mittel, welche diese sauren Wiesen für nutzbare Futtergewächse ertragsfähig machen sollen, müssen natürlich auf die Beseitigung der vorgenannten Uebelstände gerichtet sein: auf die Entfernung des Uebermaßes von stagnirendem Wasser, auf die vollständigere Zersetzung (durch Oxydation) der löslichen Humusextracte, und die Zerstörung des Moospolsters; Verhältnisse, welche sich übrigens wechselseitig bedingen.

Die Entwässerung der Wiesen kann, wenn sich dieselben nur wenig über dem Niveau der angrenzenden Gewässer erheben, einzig und allein durch offene Gräben erreicht werden. Man hat hier bei der Anlage derselben mehr als anderwärts darauf zu achten, daß sie überall an den niedrigsten Stellen (der Mulden) hinlaufen; daß also die Oberfläche der Wiese sich von beiden Seiten gleichmäßig nach den Rändern des Grabens hinneigt. Außerdem muß das Ebnen der Wiesenfläche mit der größten Sorgfalt vorgenommen werden, damit dem atmosphärischen Wasser die Gelegenheit zur Ansammlung so viel wie möglich entzogen wird. In einzelnen Fällen, wo das vorhandene Moospolster noch nicht zu stark entwickelt, und wo überhaupt die obersten Schichten aus einem besseren Moder gebildet werden, reicht schon die bloße Entwässerung der Wiesen hin, um bessere und ergiebigere Ernten zu erzeugen. Im Allgemeinen aber ist mit der Abwässerung nur die erste Bedingung für die weiteren Meliorationen erfüllt, welche in verschiedener Weise ausgeführt werden können.

Die starke Düngung mit Stallmist genügt allerdings, um das Moos zu zerstören, und einer besseren Vegetation Platz zu machen; sie wird aber in der Quantität, welche zur Erreichung dieses Zweckes erfordert wird, besonders wenn die zu beseitigenden Uebelstände bedeutend sind, so kostbar, daß ihre Anwendung nur in seltenen Fällen vortheilhaft sein mag. Dasselbe gilt von der Asche und dem Kalk, Mittel, welche, wenn die Ursache der Unfruchtbarkeit erst einmal gründlich beseitigt worden, zur weiteren Erhaltung der Ertragsfähigkeit mit dem größten Nutzen angewandt werden können.

Wo Sand in der Umgebung der Wiesen vorkommt, bietet dieser Gelegenheit zu einer sehr vortheilhaften Melioration derselben, welche in einer, über die Oberfläche gleichmäßig auszubreitenden Sandschicht besteht. Wie die Sanddecke hier wirkt, ist nicht schwer zu erkennen. Sie erstickt das Moos, und die saure Humuslösung, welche sich in die Sandschicht hineinzieht, und durch die bedeutend beschleunigte Ver-

dunstung an deren Oberfläche, auch aus den weiter unten gelegenen Schichten (nachdem das Moospolster mehr zersetzt) gehoben wird, unterliegt in dem lockeren, der Atmosphäre freien Zutritt verstattenden Sand einer baldigen und vollständigen Zersetzung. In ganz ähnlicher Weise geht die des Uebermaßes von Feuchtigkeit beraubte und erstickte Moosmasse in schnell fortschreitende Vermoderung über. Schon nach Verlauf von einigen Wochen (in der wärmeren Jahreszeit) findet man die filzigste Narbe unter der vollständig deckenden Sandschicht in eine weiche und mürbe Masse umgewandelt. Wenn also alle, die Unfruchtbarkeit der Wiese bedingenden Ursachen beseitigt, wenn das Moospolster, und die dessen Entwickelung hervorrufende saure Humuslösung, zersetzt worden; wenn durch die Zersetzung aus ersterem sowohl wie aus letzterer assimilirbare Pflanzennahrungsmittel entbunden wurden; wenn endlich die neu geschaffene Oberschicht den Zutritt der atmosphärischen Luft nicht mehr absperrt: so ist die, schon in dem ersten Jahre der Melioration durch das üppig hervorsprossende Grün zur Erscheinung kommende Umwandelung der Wiese ausreichend erklärt. Die in Rede stehende Wirkung ist offenbar in jeder Beziehung von der Decke, welche vermittelst des Sandes hergestellt wird, abhängig; und sie besteht nicht darin, daß, wie man gewöhnlich annimmt, unter den obwaltenden Umständen eine mit Sand vermischte Moormasse einen passenderen Boden für die Wiesenkräuter darstelle. Eine Vermischung des Sandes mit dem Wiesengrund findet überhaupt gar nicht statt; und wenn man eine solche durch allmäliges Einstreuen von Sand zu erreichen versuchen wollte, so würde der Erfolg nur ein sehr untergeordneter bleiben. Eine andere Ansicht, nach welcher der Nutzen des Sandes durch die direct nährende Wirkung der Kieselsäure erklärt werden soll, bedarf kaum der Erwähnung und Widerlegung.

Ueber die Dicke der Sandschicht, welche zur Erreichung des günstigsten Resultates nothwendig ist, läßt sich keine allgemeine Angabe machen. Dieselbe schwankt von 1 bis 4 Zoll, und muß nach der Stärke des vorhandenen Moospolsters, und nach dem Feuchtigkeitsgrade bemessen werden. Das Moos ist in jedem Falle vollständig zu bedecken und zu unterdrücken. Die Feuchtigkeit der Wiese muß vor dem Uebersanden bis zu einem gewissen Grade, aber nicht unter denselben, durch zweckmäßige Grabenleitungen erniedrigt werden. Die Sanddecke kann die besprochenen Wirkungen offenbar nur ausüben, wenn sie mäßig

feucht erhalten bleibt; dieselbe hat daher keine Bedeutung für Wiesen, welche von Natur keine dazu ausreichende Feuchtigkeit besitzen; und bei nassen hochgelegenen Wiesen hat man wohl darauf zu achten, daß die Gräben nicht zu vollständig entwässern. Wenn aber Mangel an Feuchtigkeit die Sanddecke ohne Erfolg läßt, so bewirkt andererseits bei überschüssiger Nässe die Sandzufuhr häufig eine Verschlechterung, indem statt des unterdrückten Mooses Binsen und Schachtelhalme üppig emporschießen. Und je stärker auf nassen Wiesen die Sanddecke ist, desto schlimmer ist ihr Erfolg. Als Regel kann man aufstellen, daß die Sanddecke nur dann eine günstige Wirkung hat, wenn man beim darüber weggehen einen weichen Boden unter den Füßen fühlt; und daß sie da immer ungünstig wirkt, wo man wegen Nässe einen „soggigen" Grund, welcher kaum wahrnehmbare Eindrücke von den Füßen empfängt, verspürt.

Wenn die Wiesen während des Winters übersandet werden, so fällt die Vormaht (wenn überhaupt früher eine solche genommen wurde) im folgenden Frühjahr allerdings aus, aber die Nachmaht pflegt in der Regel schon so ergiebig zu sein, daß sie diesen Ausfall überreichlich deckt. So rasch erfolgt die Benarbung der Sandschicht schon allein auf natürlichem Wege. Dennoch aber ist in den meisten Fällen eine künstliche Besamung derselben so vortheilhaft, daß sie nicht unterlassen werden sollte. Ist der Wiesengrund nur nicht zu schlecht, und ist namentlich die Entwässerung bis auf den richtigen Punkt fortgeführt, so gedeiht der rothe Klee, im Frühjahr auf die Sanddecke gesäet, wider Erwarten schön, und liefert mehre Jahre hintereinander ganz ausgezeichnete Erträge. Das Timotheegras, welches ebenfalls für die Besamung der Wiesen zu empfehlen ist, entwickelt sich allerdings nicht überall so üppig, wie der Klee; es verlangt vorzugsweise einen lockeren mehr zersetzten Moorgrund, und geräth selbst schon besser, wenn die Sanddecke mit einer dünnen Schicht Moder (Grabenauswurf) überzogen wurde. Außer den genannten beiden Futterpflanzen eignen sich für solche übersandete Moorwiesen noch besonders: holcus lanatus, avena elatior, festuca elatior und alopecurus pratensis. Im folgenden Frühjahr ist es dann jedenfalls wünschenswerth, die neugeschaffene Wiese zu überdüngen, und zwar wo möglich mit Stallmist, oder in Ermangelung dessen wenigstens mit Asche in nicht zu geringer Quantität. Denn es kommt vor allen Dingen darauf an, zunächst ein recht

üppiges und dichtes Wachsthum der Wiesenpflanzen hervorzurufen, welche durch die Bedeckung und Beschattung den meliorirenden Einfluß auf den Boden fortsetzen. Die Erhaltung der einmal erzeugten Vegetation ist in der Regel nicht schwierig, und es genügt dazu eine in bestimmten Zwischenräumen zu wiederholende Düngung, wenn auch nur mit Asche. Wo sich aber durch die zurückgehenden Erträge und das allmälig wieder hervortretende Moos eine beginnende Demelioration zu erkennen giebt, da wird es immer vortheilhaft sein, eine einmalige starke Düngung zu geben, welche einen ungleich besseren Erfolg haben muß, als dieselbe Quantität Dünger, auf mehre Jahre vertheilt. Wenn die Beschaffenheit des Wiesengrundes aber eine so ungünstige ist, daß sie ein üppiges Wachsen der verschiedenen Futtergewächse überhaupt gar nicht gestattet, und eine kostbare Düngung sich deshalb nicht bezahlt machen kann; so wird nach ungefähr 6 bis 8 Jahren eine wiederholte Uebersandung erforderlich sein. In dem Maße nämlich, als sich die Sanddecke mit einem dichten Wurzelgeflecht durchwebt, und auch die mangelnde Bedeckung und Beschattung durch die Futtergewächse das Emporwachsen des Mooses gestattet, wird das Eindringen der Luft, und die nöthige Zersetzung der Humuskörper aufgehoben. Damit treten denn allmälig die alten Uebelstände wieder mehr und mehr hervor. Nach Verlauf von einigen Jahren hat sich über der Sandschicht wieder eine neue Humusdecke gebildet; eine Thatsache, welche zu der falschen Ansicht, daß der Sand sich allmälig tiefer in den Wiesengrund versenke, Veranlassung gegeben hat. Durch eine wiederholte Uebersandung, durch die dadurch beförderte Zersetzung der vorhandenen Humusmassen sowohl, als durch das Hervorrufen von saftigeren Pflanzen, deren Rückstände schneller und besser vermodern, wird mit der Zeit in der sich erhöhenden Oberschicht der Wiesen ein günstigerer, auch dem Gedeihen der besseren Futterpflanzen mehr entsprechender Wiesengrund gebildet.

Das Uebersanden der Wiesen ist eine Melioration, welche schon sehr lange bekannt gewesen, welche aber dennoch ungerechtfertigter Weise eine, ihrem Werthe entsprechende, Ausdehnung nicht gefunden hat. Diese Melioration bezieht sich gleichzeitig auf den die Ernährung vermittelnden Theil des Wiesengrundes, als auf den Nahrungsmittelgehalt; sie vertritt die Düngung, indem sie die nicht verwerthbaren unlöslichen Dungstoffe, die aufgespeicherte Moormasse, zersetzt und in

ausnutzbare Form überführt. Der unbrauchbarste Sand liefert auf solche Weise eine Menge Futter und Dünger.

Die natürliche Benarbung der Wiesen läßt schon einigermaßen auf den Erfolg schließen, welchen das Uebersanden derselben, sowie überhaupt jede Melioration, hervorbringen kann. Am günstigsten sind diejenigen Stellen, auf welchen üppige Ellern standen, denn hier findet sich immer der beste Moder (s. S. 163); und nächstdem die vorwiegend mit hypnum, und weiter die mit sphagnum überzogenen Flächen; beide Moose, und besonders das erstere, vermodern unter günstigen Umständen ziemlich leicht. Am ungünstigsten dagegen zeigen sich immer die Orte, an welchen man die sogenannten Brunnenmoose, sowie Binsen und Schachtelhalme in größerer Ausdehnung vegetirend findet; hier lagert in der Regel in geringer Tiefe unter der oberen Moderschicht ein fester Triebsand oder Thon.

Von den verschiedenen Sandarten eignet sich der feine weiße oder gelbe Quarzsand sehr gut für die besprochene Melioration der Wiesen, weniger gut der durch viel Eisenoxyd dunkler roth gefärbte. Je feinkörniger der Sand ist, desto größer ist seine Deckkraft, und desto dünner kann daher die aufzubringende Schicht sein. Der mit kohlensaurer Kalkerde vermischte Quarzsand, der Sandmergel, oder auch der sehr kalkreiche Lehmmergel, sind dem erst gedachten Quarzsande noch vorzuziehen, und äußern eine ganz außerordentliche Wirkung. Lehmiger Sand ist natürlich wegen seiner bindigen Eigenschaft zu verwerfen, und zwar um so mehr, je nasser die Wiesen sind.

Ein anderes Mittel zur Verbesserung der Wiesen, dessen Anwendung sehr allgemein verbreitet ist, ist in dem Wasser gegeben. Durch die zeitweilige Ueberstauung und Ueberrieselung der Moorwiesen werden dieselben gleichsam wieder in den Zustand zurückversetzt, in welchem sie sich vor ihrer Erhöhung über dem Wasserspiegel befanden. Der jeder Zeit zu regulirende Wasserzufluß macht es jedoch möglich, bessere Futtergewächse zu produciren und manche der schlechteren zu unterdrücken. Das fließende Wasser wäscht die fauligen Humusextracte weg, öffnet der atmosphärischen Luft leichteren Zutritt, und führt selbst nicht unbedeutende Mengen von freiem Sauerstoff und auch von Kohlensäure mit sich; es nimmt auf solche Weise dem Moos die Bedingungen seines Wachsthums. Der aufgelöste kohlensaure Kalk und die kohlensauren (und salzsauren) Alkalien wirken neutralisirend und zersetzend auf den

Humus ein, und werden neben den übrigen gelöſten Salzen und ſtickſtoffhaltenden Verbindungen den zu producirenden Pflanzen als aſſimilirbare Nahrungsmittel, wenn auch in ſehr verdünnter Löſung, dargeboten. In dieſen Verhältniſſen haben wir die Urſachen zu ſuchen, welche der Wirkung des reinen Flußwaſſers auf die damit berieſelten Moorwieſen zu Grunde liegen. Aber die Berieſelung beſchränkt ſich nicht allein auf Moorwieſen, ſondern findet ihre Anwendung auch auf alle übrigen Arten von Wieſen, die nicht ſchon auf natürlichem Wege überſtauet oder bewäſſert werden, oder die nicht vermöge des in Tagewäſſern herabgeſchwemmten Dungs, oder auf ſonſt welche Art und Weiſe, hinreichend ergiebige Ernten liefern. Die bloße Bewäſſerung genügt ſchon, um auf unfruchtbarem Sandboden üppigen Graswuchs zu erzeugen. Und dieſe Thatſache kann nicht im mindeſten befremden, wenn wir den wenig über dem Spiegel des angrenzenden Gewäſſers liegenden, und deshalb durch einen von unten aufſteigenden Capillaritätsſtrom ſtark bewäſſerten Sandboden, ergiebige Weiden und Wieſen darſtellen ſehen. Ein ſolcher Boden aber, welcher ſich immer allmälig mit einer mehr oder weniger ſtarken Humusdecke überzieht, lagert ſich leicht zu feſt, und bedeckt ſich auch mit einer ſehr verſchloſſenen Narbe; Uebelſtände, welche eine zurückgehende Ertragsfähigkeit veranlaſſen, und welche durch eine zeitweiſe Beackerung zu einem großen Theile beſeitigt werden. Dieſe Uebelſtände kommen auf einem berieſelten Sandboden entweder nicht vor, oder werden, wenn ſie ſchon vorhanden waren, gemildert, indem das Waſſer wenigſtens die oberen humoſen Schichten mehr lockert. Daß übrigens die, in dem gewöhnlichen Flußwaſſer gelöſten, Pflanzennahrungsmittel nicht allein ausreichen zur Erzeugung eines üppigen Graswuchſes, daß alſo die Berieſelung eines von allen Nahrungs- und Dungſtoffen entblößten Sandbodens keinen erheblichen Erfolg haben kann; dafür ſcheint die Beobachtung zu ſprechen, daß an den Rändern der Seen und Flüſſe der Grund des durch die Brandung vollſtändig ausgewaſchenen Vorlandes, wenn er auch nur wenig überſtauet iſt, und ſelbſt dann, wenn er daneben auch durch irgend welche Umſtände vor der Wirkung der Brandungswellen geſchützt iſt, nicht ſo bald mit Gräſern und anderen nutzbaren Futtergewächſen bewächſt; ſondern daß ein ſolches Bewachſen erſt dann geſchieht, wenn der Grund mit organiſchen Ueberreſten, oder mit Schutt- und Schlammſchichten vermiſcht und überdeckt worden iſt. Einen wie großen Ein-

fluß überall die Beschaffenheit des Rieselwassers, sowohl die darin gelösten, als suspendirten Stoffe, auf die Wirkung desselben haben muß, erhellt von selbst.

Wenn die Moorwiesen zu der Zeit, als sie sich noch nicht, oder nur sehr wenig, über das Niveau der Gewässer erhoben hatten, ohne Dünger zu erhalten, ergiebigere Erträge an Futter lieferten, als nach ihrer Erhöhung; so liegt der Gedanke nahe, dieselben durch eine Abgrabung der oberen Moorschicht wieder in den vormaligen fruchtbaren Zustand zurückzuversetzen. Wo eine solche Melioration überhaupt angebracht ist, mag sie vielleicht die am wenigsten kostbarste von allen sein; da der Werth der abgegrabenen Masse selbst, sei es, wenn sie aus Torf besteht, als Feuerungsmaterial, sei es, wenn sie einen mehr zersetzten Moder darstellt, als Meliorationsmittel der Aecker, sei es endlich als Material zur Fabrication von Photogen ꝛc. und kohlensaurem Ammoniak, die Arbeit hinlänglich bezahlt macht.

Wo die Moorwiesen ziemlich trocken liegen, liefert das Verbrennen ihrer obersten Schicht ein ausgezeichnetes Mittel zur Verbesserung. Man ackert die Wiese um, oder lockert sie, wenn sie keine Zugthiere trägt, durch Hacken, und zündet die völlig ausgetrocknete Ackerkrume bei passendem Winde an mehren Stellen an. Auf solche Weise schreitet die Verbrennung langsam seitlich und in die Tiefe fort. Durch diese Arbeit wird im erhöhten Grade der Erfolg erreicht, welchen eine Ueberdeckung der Wiese mit Mergel nach sich zieht. Es wird eine neue lockere Oberschicht geschaffen, und diese reich mit Nahrungsmitteln versehen; die Zersetzung der humosen Substanzen wird durch den Kalk- und Alkaligehalt der Asche weiter fortgeführt.

Wenn die Wiese so feucht liegt, daß eine Verbrennung nicht wohl vorgenommen werden kann, und wenn auch kein Sand in ihrer Umgebung ansteht, so kann man dieselbe, wenn sie nur nicht zu naß ist, dadurch verbessern, daß man die oberste Narbenschicht abplattet und umgekehrt. Die Wirkung dieser Operation beruht ebenfalls auf einer beförderten Austrocknung und Zersetzung; die nach unten gekehrte Moos- und Krautmasse geht in Zersetzung über, und wird dadurch für die oben wieder auswachsenden, oder künstlich angesamten Pflanzen, zur Düngung. —

Gute Wiesen haben für den Ackerbau einen höchst schätzbaren Werth, und es ist sehr zu bedauern, daß auf die Cultur derselben im

Allgemeinen lange nicht genug Aufmerksamkeit und Sorgfalt verwendet wird. Die Wiesen stellen eine Düngerquelle dar, welche gehörig benutzt, in sehr vielen Fällen einen ungleich billigeren Dünger liefern, als die Guanoinseln und Salpetergruben ꝛc. Ein Centner gutes Heu giebt nach der Verfütterung eine Quantität Dünger, welche etwa so viel Stickstoff enthält, als 150 Pfd. guten Guanos; durch das Ueberfahren schlechter Wiesen, welches, wo die Verhältnisse günstig sind, nicht mehr als 6 bis 8 Thlr. p. Magdeb. Morgen kostet, können nicht selten fünf Jahre hintereinander im Durchschnitt 1 Fuder Heu vom Morgen jährlich mehr geerntet werden. Die Niederungsgegenden Deutschlands besitzen in den Brüchern, Moorgründen ꝛc. einen kostbaren Schatz, welcher entweder durch Ausgrabung des Moders, oder durch die oft sehr leicht auszuführende Umwandlung der unfruchtbaren Wüsteneien in ergiebige Wiesen, gehoben werden kann. Aber, wie es so häufig in der Welt geschieht, wir blicken über den heimathlichen Schatz hinweg, und suchen statt dessen nach Hülfsquellen in entfernten Ländern!

Was die Düngung der Wiesen betrifft, so hegt man häufig die Meinung, daß dieselbe so lange unterbleiben müsse, als nicht der Ackerboden hinreichend mit Dünger versehen sei. Diese Ansicht ist, ganz allgemein ausgesprochen, nicht richtig. Wenn die Wiesen wegen der ungünstigen Beschaffenheit des die Ernährung vermittelnden Theils ihres Bodens keine hohen Erträge liefern können, so kann der ihnen zugeführte Dünger natürlich nicht hoch verwerthet werden; und es ist in solchen Fällen allerdings nöthig, die Düngung so lange zu unterlassen, bis die anderweitige fehlerhafte Beschaffenheit, so weit es angeht, verbessert worden ist. Sehr häufig aber liegen die Werthe, welche die Erträge bezeichnen, welche die Wiesen, vermöge ihrer die Ernährung vermittelnden Eigenschaften liefern *können*, und welche sie vermöge ihres Nahrungsmittelgehaltes *in der Wirklichkeit* liefern, so weit auseinander, daß sich eine Düngung derselben besser bezahlt macht, als die Düngung des Ackerbodens. Denn mit dem üppigeren Wachsthum der Wiesenpflanzen wird das Vermögen derselben, ihre stickstoffhaltigen Nahrungsmittel der Atmosphäre zu entnehmen, vergrößert, und auch die Zersetzung und Ausnutzung der Bodenbestandtheile vermehrt. Deshalb verwerthet sich, wie gesagt, eine einmalige starke Düngung der Wiesen häufig besser, als eine schwächere,

öfters wiederholte; die dickere Dunglage sowohl, als die hervorgerufene dichte Vegetation bewirken eine, längere Zeit vorhaltende, Melioration. Durch eine Düngung der Wiesen kann daher in dem mehr producirten Futter die Quantität des angewandten Düngers sehr leicht vervielfacht werden; und das dem Acker einmal entzogene Quantum wird ihm so verdoppelt und verdreifacht wiedererstattet. Für viele Wiesen genügt eine Aschendüngung, um fortdauernd gute Erträge zu erzielen, indem der Stickstoff aus natürlichen Quellen geliefert wird. Aber es wird vielleicht dennoch kaum eine Wiese aufgefunden werden können, deren Erträge durch eine künstliche Zufuhr von Stickstoff nicht noch erhöht werden könnten. Auch der kohlensaure Kalk, und namentlich der Post wirken, letzterer in möglichst dicken Lagen, vortheilhaft auf die Wiesen. Den Stalldünger wendet man am besten zu Compost verarbeitet an; die unteren, eingestreuten Erdlagen der Ställe (Schafställe), welche mit dem Urin der Thiere getränkt, und von den Ausdünstungen des darüber lagernden Mistes durchdrungen sind, haben als Wiesendünger einen vorzugsweise guten Erfolg, welcher großentheils in der großen Menge der aufgeschlossenen Dungstoffe, und der dadurch hervorgerufenen plötzlichen starken Vegetation seine Begründung findet.

Anhang.

Die Gewächse als Nahrungsmittel der Thiere.

Der thierische Körper wird von denselben Elementarstoffen zusammengesetzt, aus denen die Gewächse bestehen; aber er besitzt nicht, wie die letzteren, das Vermögen, sich zu vergrößern (und zu erhalten) auf Kosten von einfachen unorganischen Verbindungen, sondern vermag dies nur durch die complicirteren organischen Substanzen. Die Gewächse bilden als Nahrungsmittel der Thiere zunächst die Bedingung zu deren Entstehung und Entwickelung. Aus den einfachen Verbindungen des Bodens und der Luft erzeugt sich die Pflanzensubstanz, und aus dieser der thierische Leib; nach der Auflösung der Organismen kehren die Elementarstoffe in Form der ursprünglichen Verbindungen der Pflanzennahrungsmittel wieder zu der Atmosphäre und zum Boden zurück. So wurzeln das Menschen- und Thiergeschlecht durch Vermittelung der Gewächse im Boden, ohne dabei an einem bestimmten Standorte gebunden zu sein; und je mehr sich die Verkehrs- und Transportmittel erweitern, desto unabhängiger wird der Mensch von seiner Scholle, desto freier die Bewegung und das Zusammenleben. Aber diese Mittel vermögen die Beziehung zum heimathlichen Boden nicht ganz zu vernichten; denn wenn auch der Mangel des einen Ortes durch den Ueberfluß des anderen ersetzt wird, so erlauben die erhöhten Kosten doch nicht immer die volle und allgemeine Befriedigung des Bedürfnisses. Darum hat die ganze Gesellschaft ein nothwendiges Interesse und Anrecht an der möglichst vollkommenen Bestellung jedes Bodens, an der möglichst höchsten Pflanzenproduction.

Die Bedeutung des Ackerbaues für die Menschheit ist die allerunmittelbarste, denn derselbe schafft das Material zu ihrer Bildung und Erhaltung. Und warum ist dennoch der Ackerbau so lange vernachlässigt worden; warum ist er noch heute von allen Gewerben dasjenige, welches dem Fortschritt der Wissenschaft im Allgemeinen am langsamsten folgt, wo der Standpunkt der Ausübung am weitesten von dem der Wissenschaft entfernt liegt; warum leiden wir Noth und Hunger, während wir rings um uns die Rohstoffe zur Darstellung der Pflanzen, zur Schaffung unserer Nahrungsmittel, in großem Ueberfluß unbenutzt um uns herum liegen lassen?! Das kommt, wenn auch nicht einzig und allein, doch zum großen Theile daher, daß die Kenntnisse der Naturgesetze im Allgemeinen, und insbesondere der Bedingungen des thierischen und pflanzlichen Lebens, so spät entwickelt worden, und so langsam sich verbreiten. Die Aufklärung ist eine Macht; vertrauen wir ihr, daß sie sich zum Segen der Menschheit auch in Bezug auf den Ackerbau die materiellen Kräfte immer mehr dienstbar machen wird. —

Die hauptsächlichsten näheren Bestandtheile des Thierkörpers sind stickstoffhaltige Verbindungen; das Muskelfleisch, die Sehnen und Bänder, die Knochen, das Gewebe der Oberhaut und der Haare ꝛc. sind alle stickstoffreich, und bestehen (die erstgenannten) aus Fibrin (Faserstoff), Leim, Eiweiß und Kasein, den Proteinsubstanzen, welche den gleichnamigen Verbindungen des Pflanzenreiches entsprechen, und aus diesen gebildet werden. Von stickstofffreien Verbindungen finden sich unter den Bestandtheilen des Thierkörpers nur das Wasser und die Fette. Zur Bildung des thierischen Leibes und zur Erhaltung desselben durch den Stoffwechsel werden daher vorzugsweise stickstoffhaltige Verbindungen erfordert. Aber dennoch wird zur Erhaltung des Lebens eine größere Menge von stickstofffreien Verbindungen verbraucht, nicht sowohl um daraus feste Bestandtheile des Leibes zu erzeugen, sondern um den Athmungsproceß zu unterhalten, und durch denselben, durch die Verbrennung des Kohlenstoffs und Wasserstoffs, die zum Lebensunterhalt nöthige Wärme zu erzeugen. Von der in den Lungen vor sich gehenden Oxydation des Blutes werden nicht allein die der Rückbildung verfallenen Substanzen betroffen, sondern auch eine große Quantität von denjenigen stickstofffreien Verbindungen der Nahrungsmittel, welche von den Blutgefäßen aufgenommen wur-

den, und noch weiter keinen constituirenden Theil des Körpers gebildet hatten.

Das Leben der Thiere kann daher weder durch die alleinige Aufnahme von stickstoffhaltigen, noch von stickstofffreien Verbindungen unterhalten werden. Besteht die Nahrung nur aus stickstofffreien Stoffen, so können die Theile des Körpers, welche fortdauernd zersetzt und aufgelöst werden, nicht wieder neu gebildet werden, denn das dazu erforderliche Material, die Proteinsubstanzen, fehlt; der Körper muß also gleichmäßig um das Gewicht aller, der Rückbildung verfallenden Bestandtheile abnehmen, und am Ende Hungers sterben. Besteht die Nahrung dagegen nur aus stickstoffhaltigen Verbindungen, so fehlen wieder die wärmeerzeugenden Substanzen; dennoch ist es möglich, das Leben durch reine Proteinstoffe länger zu unterhalten, als durch die stickstofffreien Verbindungen, weil die ersteren gewisse Mengen von Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten, und weil die Wärme des Körpers zum Theil durch äußere Einflüsse erhalten und vermehrt werden kann. Natürlich muß aber dann von den stickstoffhaltigen Verbindungen ein größeres Gewicht eingenommen werden, als zur Unterhaltung des Stoffwechsels erforderlich ist; der überschüssige Theil vertritt alsdann nur die stickstofffreien Verbindungen, und sein Gehalt an Stickstoff bleibt unbenutzt.

Um also das Leben der Thiere in normaler Weise zu unterhalten, und um das gereichte Futter in Ansehung aller Bestandtheile so vollkommen wie möglich auszunutzen, muß das letztere eine gewisse Quantität von stickstoffhaltigen und von stickstofffreien Verbindungen enthalten. Es muß also in dem Futter ein gewisses Verhältniß zwischen den darin enthaltenen stickstoffhaltigen und stickstofffreien Substanzen existiren, und es giebt ferner einen bestimmten Werth für das in einer begrenzten Zeit zu verbrauchende Quantum des passend zusammengesetzten Futters. Alle diese Werthe aber, sowohl das erstgenannte relative, als das letztgenannte absolute Gewicht, sind abhängig von der Art der Thiere, ja sogar von dem Individuum, von der Größe und dem Gewicht derselben, von der Lebensweise, und überhaupt von dem Zwecke, welchen man mit der Fütterung der Thiere verbindet (ob man Kraft, Fleisch, Fett, Milch oder Wolle ꝛc. erzeugen will), von dem Klima ꝛc. So versteht es sich denn ganz von selbst, daß sich keine allgemeinen Ausdrücke für jene

Werthe geben lassen. Für das passendste Verhältniß der stickstoffhaltigen zu den stickstofffreien Verbindungen hat man die Zahlen 1 : 3, oder 1 : 5, oder sogar 1 : 7 angegeben. Wenn das richtige Verhältniß für einen vorliegenden Fall bekannt ist, und desgleichen die Summe, welche für eine bestimmte Zeit erforderlich ist, um sich am besten zu verwerthen, so hat man nur die verschiedenen Pflanzensubstanzen in entsprechender Weise mit einander zu mischen, um das vortheilhafteste Futter zu erhalten. Wenn z. B. das günstigste Verhältniß der stickstoffhaltigen Verbindungen zu den stickstofffreien 1 : 5 ist, und das für 24 Stunden hinreichende Gewicht der Summe beider 18 Pfd. (3 Pfd. stickstoffhaltige und 15 Pfd. stickstofffreie Verbindungen) ausmacht: so würden von einem Futtermittel, welches die beiden gegenübergestellten Verbindungen in dem Verhältniß von 1 : 6 enthält, 21 Pfd. erforderlich sein, denn erst dieses Gewicht enthält die nöthigen 3 Pfd. Stickstoff; es würden in diesem Falle aber 3 Pfd. stickstofffreie Verbindungen mehr oder weniger unverwerthet bleiben. Von einem zweiten Futtermittel, in welchem das in Rede stehende Verhältniß 1 : 3 ist, würden 20 Pfd. erforderlich sein (wenn die stickstoffhaltigen Verbindungen nicht die stickstofffreien theilweise ersetzen könnten), und es wären alsdann 2 Pfd. stickstoffhaltiger Verbindungen überschüssig verbraucht. Dagegen würden 14 Pfd. von dem ersten, und 4 Pfd. von dem zweiten Futtermittel eine Mischung geben, welche dem normalen Futter vollkommen entspricht, und in welcher alle Theile am höchsten verwerthet werden.

Diejenigen Pflanzen oder Pflanzentheile, welche verhältnißmäßig *mehr* stickstofffreie Verbindungen enthalten, als die normale Futtermischung, stehen in Betreff ihres Nähreffects, wenn sie unvermischt verzehrt werden, im geraden Verhältnisse zu dem Gehalt an assimilirbaren stickstoffhaltigen Substanzen; d. h. je weniger sie von diesen letzteren in sich schließen, ein desto größeres Gewicht ist von ihnen erforderlich, um den Effect der normalen Futtermischung zu erreichen. Dagegen steht der Nähreffect von denjenigen Pflanzen und Pflanzentheilen, welche verhältnißmäßig *weniger* stickstofffreie und mehr stickstoffhaltige Verbindungen enthalten, natürlich nicht mehr im geraden Verhältnisse ihres Stickstoffgehaltes, aber auch ebenso wenig im strengen Verhältnisse zu dem Gehalt an stickstofffreien, da die stickstoffhaltigen Verbindungen die stickstofffreien in gewissem Grade vertreten

können. Es ist daher nicht ganz allgemein richtig, wenn man den Nahrungswerth aller organischen Substanzen nach ihrem Stickstoffgehalte abschätzen will; auch nicht einmal dann, wenn man sie als alleinige, unvermischt zu reichende, Futtermittel betrachtet. Für die zu stickstoffreichen Nahrungsmittel ist eine Beimischung von weniger stickstoffhaltigen ebenso vortheilhaft, als für die letzteren eine Beimischung von ersteren. Denn, wenn auch die stickstoffhaltigen Verbindungen die stickstofffreien im Nothfalle bis zu einem gewissen Grade vertreten können, so wird doch von ihnen ein größeres Gewicht erfordert, und sie besitzen dazu noch einen nicht unbedeutend höheren Handelswerth, als die letzteren. Es kommt also, wie gesagt, vor allen Dingen darauf an, für den vorliegenden Fall die Quantität von stickstoffhaltigen Verbindungen, welche zur Erhaltung des Stoffwechsels nothwendig ist, sowie die erforderliche Quantität der stickstofffreien Substanzen zu bestimmen. Von demjenigen Futtermittel, welches die beiden Arten von Verbindungen in dem gefundenen Verhältnisse enthält, ist das kleinste Gewicht erforderlich; und je weiter die vorhandenen Verhältnisse von jenem abweichen, desto mehr wird verbraucht, und desto schlechter wird die Verwerthung. Wie die Tabelle auf der folgenden Seite zeigt, überwiegt in dem größten Theile der Futtermittel der Gehalt an stickstofffreien Bestandtheilen denjenigen an stickstoffhaltigen sehr bedeutend; und so lange diese Verhältnisse bleiben, steigt der Nähreffect durch die Beimischung von stickstoffreicheren, oder es kann, was dasselbe bedeutet, das Gewicht des Futters, bei Erreichung desselben Effects, vermindert werden.

Die Frage nach dem Nahrungswerthe der verschiedenen Futtermittel wäre in der Hauptsache als gelöst zu betrachten, wenn erstlich die Quantität von stickstoffhaltigen und von stickstofffreien Verbindungen bekannt wäre, welche für jeden einzelnen Fall am vortheilhaftesten verbraucht wird; wenn zweitens ermittelt wäre, welche von den verschiedenen Verbindungen, den stickstofffreien sowohl, als den stickstoffhaltigen, gleich gut und gleich schnell verdauet und assimilirt zu werden vermögen; und wenn drittens die Mengen von solchen an sich gleich schnell assimilirbaren Verbindungen bestimmt wären, welche unter Verhältnissen abgelagert sind, in welchen sie wirklich verdauet und von den aufsaugenden Gefäßen aufgenommen werden können.

Tabelle

über den Gehalt an stickstoffhaltigen und stickstofffreien Nahrungsstoffen der hauptsächlichsten Futtermittel (nach E. Wolff).

	Stickstoffhaltige Nahrungsstoffe.	Stickstofffreie Nahrungsstoffe.	Verhältniß beider zu einander.
Weizen	11,64	68,74	1 : 5,91
Weizenmehl	11,48	73,52	1 : 6,41
Roggen	12,09	69,71	1 : 5,77
Roggenmehl	12,27	70,08	1 : 5,71
Gerste	10,84	68,31	1 : 6,30
Hafer	11,85	63,34	1 : 5,34
Mais	11,27	67,48	1 : 5,98
Erbsen	22,40	52,21	1 : 2,33
Bohnen	26,01	48,90	1 : 1,88
Wicken	27,54	49,56	1 : 1,80
Lupinen	34,65	35,13	1 : 1,01
Kartoffeln	2,62	19,41	1 : 7,41
Mohrrüben	1,87	7,91	1 : 4,23
Turnipsrüben	1,31	4,97	1 : 3,80
Kohlrüben	1,64	9,08	1 : 5,55
Stoppelrüben	0,82	5,30	1 : 6,46
Futterrunkelrübe	1,54	8,60	1 : 5,58
Zuckerrunkelrübe	0,90	14,68	1 : 16,31
Rother Klee, grün	3,13	8,39	1 : 2,68
„ „ als Heu	13,82	40,40	1 : 2,92
Weißer Klee, grün	4,16	6,95	1 : 1,67
„ „ als Heu	19,11	33,83	1 : 1,77
Schwedischer Klee, grün	3,80	7,51	1 : 1,98
„ „ als Heu	15,95	35,56	1 : 2,23
Esparsette, grün	3,92	11,54	1 : 2,95
„ als Heu	14,15	42,14	1 : 2,97
Luzerne, grün	3,78	10,45	1 : 2,76
Wiesenheu	8,44	43,63	1 : 5,17
Weizenkleie	16,10	52,37	1 : 3,25
Weizenspreu	5,04	36,51	1 : 7,24
Weizenstroh	1,79	31,06	1 : 17,35
Roggenkleie	18,80	55,35	1 : 3,05
Roggenstroh	2,29	37,15	1 : 16,66
Gerstestroh	1,68	39,98	1 : 23,80
Haferstroh	1,63	37,86	1 : 23,23
Rapsölkuchen	30,26	27,93	1 : 0,92
Leinölkuchen	27,45	42,90	1 : 1,56
Rübenblätter	1,77	4,13	1 : 2,33

Die Elementar-Analyse kann über den Nahrungswerth des Futters durchaus gar nicht entscheiden, denn es sind weder alle stickstoffhaltigen, noch alle stickstofffreien Verbindungen gleich verdaulich, und viele von ihnen befinden sich außerdem noch in einer Lage, in welcher sie gar nicht ausgenutzt werden können. Wenn wir auch, was allerdings noch sehr zweifelhaft ist, annehmen wollten, daß alle Proteinverbindungen gleich leicht assimilirbar sind, daß es also vollkommen gleichgültig ist, ob eine Pflanze Eiweiß, oder Legumin, oder Kleber enthält; so kommen in den Gewächsen, wenn auch in verhältnißmäßig geringer Menge, doch noch andere stickstoffhaltige Verbindungen vor, welche gar nicht assimilirbar sind, und welche entweder ziemlich gleichgültig für die Ernährung sind, oder sogar einen schädlichen Einfluß auf den Organismus ausüben; zu solchen Verbindungen gehören das Blattgrün und noch einige andere Farbstoffe, die Alkaloide, einige indifferente oder Extractivstoffe, einige ätherische Oele ꝛc. Wenn man daher aus dem Stickstoffgehalte einer Pflanze unmittelbar ihren Gehalt an Proteinverbindungen berechnet, so weicht das Resultat mehr oder weniger von der Wahrheit ab. Noch weniger können die verschiedenen stickstofffreien Bestandtheile der Gewächse als ganz gleich verdaulich, und als gleichwerthig bei der Ernährung betrachtet werden. Es ist sicher nicht gleichgültig, ob Stärke, Zucker, Schleim, Gallerte oder Fett zugegen sind; und noch mehr unterscheidet sich von den genannten der Zellstoff, der Holzstoff, der Kork. Von dem jungen unverholzten Zellstoff werden im Thierkörper gewisse Quantitäten aufgelöst und von den Gefäßen aufgesogen, der Holzstoff und Kork aber werden von den Verdauungssäften nicht angegriffen. Es müssen daher von den wirklichen Nahrungsstoffen nicht allein die letztgenannten Substanzen selbst, sondern auch alle übrigen, von ihnen umhüllten und eingeschlossenen in Abrechnung gebracht werden. Die zarten dünnwandigen Zellen des „Kernes“ der Getreidearten oder der Kartoffeln und Rüben werden von den Verdauungswerkzeugen theils mechanisch, theils chemisch aufgeschlossen, und ihr ganzer Inhalt ist dem Angriff der Verdauungssäfte preisgegeben. Die dickwandigen, verholzten, verkorkten (und verkieselten) Zellen der Epidermis ꝛc. der verschiedenen Pflanzentheile werden dagegen selbst von concentrirten Säuren nicht angegriffen, und müssen daher mit ihrem Inhalte in den festen Excrementen abgeschieden werden.

Ueber die Quantität der wirklich von den Gefäßen aufnehmbaren Nahrungsstoffe scheint die Untersuchung der festen Excremente, welche eben die nicht verdaulichen Theile enthalten, zunächst entscheiden zu müssen. Aus einer Reihe solcher, mit den verschiedenen Thieren angestellten Versuche ließe sich vielleicht die zersetzende Kraft der Verdauungssäfte überhaupt bestimmen, und man könnte diese dann bei ferneren Untersuchungen durch andere chemische Agentien ersetzen. Die Aussicht, durch diese Methode sichere Aufschlüsse zu erhalten, wird aber getrübt, wenn man berücksichtigt, daß die festen Excremente nicht allein die unverdaulichen Futterrückstände enthalten, sondern daneben Verdauungssäfte und Darmschleim, welche sich schwierig von den ersteren werden trennen lassen, und deren Quantität auch nicht als constant zu betrachten ist, vielmehr von der Art des Futters selbst in gewissem Maße abhängt, und wenn man weiß, daß die Auffaugung auch durch das Volumen der Futtermasse bedingt wird. Wenn aber auch die Masse der verdaulichen, in das Blut wirklich übergehenden Substanzen ganz genau bestimmt ist, so bleibt noch die Frage zu beantworten, in welcher Weise diese Stoffe weiter ausgenutzt werden. Diese Frage kann wiederum nur durch Fütterungsversuche entschieden werden, indem man den Erfolg, welchen die genau gewogene und ihrer Zusammensetzung nach bekannten Futtermittel in der Fleisch-, Fett-, Wolle- und Milchproduction offenbaren, beobachtet. Wenn solche Versuche nicht allein mit den verschiedenen Arten der Hausthiere, sondern selbst mit sehr verschiedenen Individuen der abweichenden Raçen angestellt werden, und wenn dabei nicht allein die eben genannten Producte, sondern auch die festen und flüssigen Excremente genau bestimmt und analysirt werden, so müssen sie die Ableitung sicherer und allgemein gültiger Gesetze ermöglichen. Einzelne Versuche können hier wiederum sehr wenig entscheiden, denn das Verdauungs- und Assimilationsvermögen ist bei den Thieren sehr ungleich. Die eine Schweineraçe wird schnell fett bei einem Futter, bei welchem eine andere sich kaum das Leben erhält; und die eine Milchkuh verwerthet das Futter doppelt so hoch als die andere ꝛc. Daß hier der Nahrungswerth der verschiedenen Futtermittel, wenn nach dem hervorgebrachten Effect berechnet, mit sehr abweichenden Zahlen angegeben werden muß, ist klar.

Wie wenig die Elementaranalyse über den Werth der Nahrungs-

mittel entscheiden kann, lehrt recht deutlich der Vergleich zwischen den rohen und gekochten Nahrungsmitteln der Menschen und Thiere, und zwischen dem unverarbeiteten und dem zu Brod verbackenen Mehl, zwischen dem feinen und dem Schrotbrod ꝛc. Der Nähreffect des Brodes ist im Vergleich zum Schrot selbst bei den Thieren sehr auffallend höher. Die Tabellen über die Nahrungs-Aequivalente der verschiedenen Futtermittel, welche man nach den vorhandenen Analysen berechnet hat, sind daher alle unsicher. Eine solche Berechnung hat überhaupt nur einen untergeordneten Werth, da sich die Nahrungsmittel in den Mischungen ganz anders verwerthen, als unvermischt. Es kommt nur darauf an, zu ermitteln, welchen Effect die einzelnen chemischen Verbindungen in der passendsten Mischung haben, und dann zu bestimmen, wie viel von den assimilirbaren (verschiedenen Grades) Stoffen in den Futtermitteln enthalten sind. Nach diesen Angaben ist das Futter zu mischen. Die Berechnung der Nahrungs-Aequivalente ist übrigens außerdem theilweise nach falschen Principien ausgeführt; so hat man z. B. von der hier nicht passenden Analogie der chemischen Aequivalente der Säuren und Basen geleitet, die Berechnung vorgenommen nach der Formel: $1\ (x \pm y)$ stickstoffhaltiger Substanz $+ 5\ (x \mp y)$ stickstofffreier Substanz $= 1\ x$ stickstoffhaltiger Substanz $+ 5x$ stickstofffreier; wenn das Verhältniß der stickstoffhaltigen zu den stickstofffreien Verbindungen 1 : 5 als das passendste angenommen wird.

Es giebt außer den eigentlichen Nahrungsmitteln gewisse Pflanzenstoffe, welche den Stoffwechsel beschleunigen, und es giebt auch solche, welche ihn verlangsamen. Es ist klar, daß diese letzteren in gewissem Maße einen Theil wirklicher Nahrungsmittel vertreten können. Die Nahrungsstoffe, namentlich die stickstoffhaltigen, dienen zum größten Theile dazu, die durch den Stoffwechsel abgeschiedenen Körpertheile zu ersetzen; wenn nun weniger abgeschieden wird, so wird offenbar auch weniger Material für den Ersatz gebraucht. Ob aber der Körper nicht etwa bei dem verminderten Stoffwechsel leidet, ist eine andere wohl zu beachtende Frage. —

Wir lassen hier schließlich die Zusammensetzung der hauptsächlichsten pflanzlichen Nahrungsmittel in Bezug auf ihre näheren Bestandtheile folgen.

Weizen.

	1.	2.	3.
Wasser	14,78	16,08	12,97
Kleber	13,24	12,59	13,71
Stärke und Fett	81,95	82,12	82,92
Holzfaser	2,84	3,32	1,26
Asche	1,97	1,97	2,11

Weizenmehl.

Wasser	12,57
Kleber	11,77
Stärke	67,68
Zucker und Dextrin	7,43
Holzfaser	0,68

Weizenkleie.

	1.	2.
Wasser	15,05	13,9
Fett	54,15	3,6
Stärke und Zucker		51,0
Proteinsubstanzen	13,19	14,9
Holzfaser	13,31	9,7
Asche	13,19	5,7

Roggen.

	1.	2.	3.
Wasser	14,04	12,62	14,66
Kleber	15,83	12,32	14,20
Stärke und Fett	78,58	83,70	81,51
Holzfaser	3,29	2,08	2,47
Asche	2,30	1,90	1,82

Gerste.

	1.	2.
Wasser	13,97	15,17
Proteinstoffe	15,73	12,16
Stärke und Fett	78,60	81,04
Holzfaser	2,85	4,18
Asche	2,82	2,62

Hafer.

(Nach Abzug von 20,8 Proc. Wasser.)

Stärke	46,1
Fett	6,7
Zucker	6,0
Gummi	3,8
Proteinstoffe	13,7
Holzfaser und Asche	21,7

Mais.

Stärke	71,2
Fett	9,0
Dextrin und Zucker	0,4
Proteinstoffe	12,3
Holzfaser	5,9
Asche	1,2

Erbsen.

	1.	2.
Wasser	11,94	13,63
Proteinstoffe	24,25	19,43
Fett	3,30	1,72
Stärke ꝛc.	57,99	63,18
Asche	2,52	2,04

Bohnen.

	1.	2.
Wasser	15,84	12,56
Proteinstoffe	24,70	27,05
Fett	1,59	1,58
Stärke ꝛc.	54,51	55,69
Asche	3,36	3,12

Wicken.

	1.	2.
Wasser	12,13	15,80
Proteinstoffe	26,54	26,73
Fett	1,26	1,59
Stärke ꝛc.	57,72	53,04
Asche	2,35	1,59

Linsen.

	1.	2.
Wasser	12,51	12,31
Proteinstoffe	24,25	24,57
Fett	1,78	1,51
Stärke ꝛc.	58,78	58,82
Asche	2,68	2,79
	100	

Lupinen.

	gelbe	blaue
Wasser	14,32	14,95
Proteinstoffe	36,28	33,02
Fett	6,33	7,05
Dextrin, Schleim, Bitterstoff ꝛc.	26,53	30,34
Zellstoff	12,74	11,23
Asche	3,80	3,41

Kartoffeln.

	1.	2.	3.
Stärke	17,7	20,9	15,7
Zellstoff	2,4	2,9	1,8
Eiweiß	0,9	0,8	0,7
Dextrin und Asche	2,8	2,6	3,3
Wasser	75,5	73,0	79,0

Futter-Runkelrübe.

	1.	2.
Wasser	87,67	86,07
Holzfaser	1,79	1,97
Asche	0,75	1,28
Proteinstoffe	9,79	1,44
Lösliche stickstofffreie Substanzen		9,24

Zucker-Runkelrübe.

	1.	2.
Wasser	82,72	80,40
Zucker	12,70	11,85
Andere stickstofffreie Substanzen	3,38	5,90
Proteinstoffe	0,54	0,94
Asche	0,66	0,91

Mohrrübe.

	1.	2.
Holzfaser	3,07	3,24
Asche	1,11	1,29
Pectinsäure und Stärke	4,32	3,34
Zucker	7,11	6,30
Gummi	0,41	0,60
Proteinstoffe	1,58	1,37
Wasser	82,40	83,86

Turnipsrübe.

	1.	2.
Wasser	90,58	91,19
Proteinstoffe	1,00	1,24
Fett	0,36	0,25
Holzfaser	2,06	1,79
Zucker ꝛc.	5,84	5,34
Asche	0,65	0,60

Raps.

Oel	40,81
Kuchen	50,12
Abgang	9,07

Rapskuchen.

	1.	2.
Wasser	16,62	14,9
Asche	8,22	8,8
Holzfaser	18,48	25,0
Oel	6,86	12,8
Proteinstoffe	31,38	38,5
Andere Bestandtheile	18,44	

Leinkuchen.

Wasser	13,9
Asche	12,0
Holzfaser	9,6
Oel	8,5
Proteinstoffe	56,0
Andere Bestandtheile	

Wiesengräser.

	Wasser	Protein	Fett	Stickstoff-freie Nährstoffe	Holzfaser	Asche
Anthoxanthum odoratum	80,35	2,05	0,67	8,54	7,15	1,24
Alopecurus pratensis	80,20	2,44	2,52	8,59	6,70	1,55
Avena flavescens	60,40	2,96	1,04	18,66	14,22	2,72
Bromus mollis	76,62	4,05	0,47	9,04	8,46	1,36
Dactylis glomerata	70,00	4,06	0,94	13,30	10,11	1,59
Holcus lanatus	67,70	3,49	1,02	11,92	11,94	1,93
Hordeum pratense	58,85	4,59	0,94	20,05	13,03	2,54
Lolium perenne	71,43	3,37	0,91	12,08	10,06	2,15
Lolium italicum	75,61	2,45	0,80	14,11	4,82	2,21
Phleum pratense	57,21	4,86	1,50	22,85	11,32	2,26
Poa pratensis	69,14	3,41	0,86	14,15	12,49	1,95
Poa annua	79,14	2,47	0,71	10,79	6,30	0,59
Gras von einer Wässerwiese	87,58	3,22	0,81	3,98	3,13	1,28
Dasselbe, zweiter Schnitt	74,53	2,78	0,52	11,17	8,76	2,24
Mittlere Zusammensetzung der Gräser	68,76	3,65	0,91	13,65	10,59	2,05

Futterkräuter.

	Wasser	Protein	Fett	Stickstoff-freie Nährstoffe	Holzfaser	Asche
Trifolium pratense	81,01	4,27	0,69	8,45	3,76	1,82
„ „ perenne	81,05	3,64	0,78	8,04	4,91	1,58
Trifolium incarnatum	82,14	2,96	0,67	6,70	5,78	1,75
Trifolium medium	74,10	6,30	0,92	9,42	6,25	3,01
Trifolium repens	79,71	3,80	0,89	8,14	5,38	2,08
Vicia sativa	82,90	4,04	0,52	6,75	4,68	1,11
Medicago sativa	69,95	3,83	0,82	13,62	8,74	3,04
Medicago lupulina	76,80	5,70	0,94	7,73	6,32	2,51
Poterium sanguisorba	85,56	2,42	0,58	6,85	3,44	1,15
Mittel	79,68	3,98	0,75	8,39	5,31	1,88

Die Futterpflanzen, sowie überhaupt alle Gewächse, enthalten in ihren jüngeren Vegetationsperioden relativ mehr Stickstoff, und die zartere Beschaffenheit aller Zellmembranen gestattet eine vollständigere Ausnutzung durch die Verdauungswerkzeuge der Thiere. Auf ein gleiches Gewicht bezogen, sind daher die jungen Pflanzen nahrhafter als die älteren. Da aber die Masse der Gewächse in den späteren Vegetationsperioden sehr beträchtlich zunimmt, so liefert die ältere Ernte doch immer weit mehr Nahrungsstoff als die jüngere. Eine vier oder sechsmal des Jahres geschnittene Wiese giebt eine Summe von Futterstoffen, die geringer ist, als die zweimal geschnittene liefert. Deshalb kann ein beweidetes Feld nie so viel Futter erzeugen, als das zur rechten Zeit gemähete. Dieses Verhältniß ist bei der Entscheidung der Frage, ob Weide oder Stallfütterung, wohl zu berücksichtigen. Ganz besonders aber fällt bei dieser Frage der Umstand ins Gewicht, daß der hohe Nutzen, welchen der dichte und geschlossene Stand der blattreichen Futtergewächse durch die Bedeckung und Beschattung des Bodens gewährt, durch das Abweiden zerstört wird (vergl. S. 421).

Von den Nahrungsmitteln des Menschen sind die Rübenarten und Kartoffeln diejenigen, welche den geringsten, und die Hülsenfrüchte diejenigen, welche den höchsten Gehalt an Proteinsubstanzen aufweisen. Die Hülsenfrüchte können daher die Fleischkost am ersten ersetzen. Die Kartoffeln besitzen einen viel geringeren Nahrungswerth; dennoch aber hat man Unrecht gethan, indem man sie als menschliches Nahrungsmittel vollständig verdammen, und ihnen die Schuld an der Vermehrung des Proletariats aufbürden wollte; denn die Kartoffeln liefern einen so ungleich höheren Ertrag, daß wir durchschnittlich von einem Morgen Ackerlandes in der Kartoffelernte doch mehr Proteinstoffe gewinnen, als in der Erbsenernte; und auf den Aeckern, auf welchen die Hülsenfrüchte gar nicht mehr gedeihen, erzeugen die Kartoffeln noch ein bedeutendes Gewicht an Knollen. Der Werth der Kartoffeln ist aber wegen ihres hohen Stärkegehaltes für die Spiritusbrennerei ein so hoher, daß es auch da, wo nur Kartoffeln gebaut werden können, vortheilhaft ist, einen Theil davon zu verkaufen und Hülsenfrüchte dafür einzutauschen. Es ist verdienstlich, den ärmeren Mann über diese Verhältnisse mehr aufzuklären, und das sehr all-

gemein verbreitete Vorurtheil, welches die Stärke als den Inbegriff aller Nahrhaftigkeit bezeichnet, zu zerstreuen. Diesem Vorurtheile ist es auch theilweise zuzuschreiben, daß der Reis, welcher in Betreff seines Nahrungswerthes so weit hinter allen anderen Getreidearten zurückbleibt, für theures Geld gekauft, und unseren billigeren und besseren Getreidearten vorgezogen wird.

Sach-Register.

A.

Abdunstung 56.
Ackerbau 225.
Ackerboden 145.
— Bedeutung d. f. d. Vegetation 179.
— Entstehung d. 145.
— Zusammensetzung d. 157.
Adventivknospe 34.
Albumen s. Sameneiweiß.
Alkalien 159.
Aluminium 21.
Ammoniak 58. 104. 270.
— schwefelsaures 349.
Anthera 35.
Arsenik 21. 82.
Asche 350.
Aschenanalysen 99.
Aschenbestandtheile 68. 85. 104.
Aschenprocente 77.
Assimilation d. Nahrungsmittel 104.
Atmosphärische Luft 205.
Aufnahme d. Nahrungsmittel 117.
Axillarknospe 34.

B.

Basen 21.
Bastbündel 26.
Bastzellen 26.
Beackerungsarbeiten 256.
Bedeckung u. Beschattung d. Bodens 399.
Befruchtung 36.
Berieselung d. Wiesen 430.
Bewässerung 244.
Binsen 153.
Bitterstoffe 18.
Blatt 33.
Blattgrün s. Chlorophyll.
Blüthe 34.
Blüthenstaub 35.
Bohnen, Zusammensetzung d. 445.
— Asche d. 87.
Brache 419.
Brandung 152.
Braunkohlen 149.
Brom 21. 95.
Brücher 153.
Brunnen 169.
— artesische 172.
Buchweizen, Asche d. 86.
Buttersäure 19.

C.

Caffein 18.
Calcium 21.
Cambium 24.
Capillarattraction 164.
Chara foetida 357.
Charen 81.
Chilisalpeter 344.
Chlor 21. 83. 160.
Chlorophyll 16.
Citronensäure 18.
Compostdünger 312.
Conïin 18.
Contactwirkung 19. 106.
Cuticula 29.
Cyan 60. 61.

D.

Dammerde 42. 47. 149.
Deckblätter 33.
Dextrin 13. 15.
Dicotyledonen 27.
Diffusion 54. 119.
Druck, hydrostatischer 165.
Dünger 263.
— frischer u. zersetzter 307.
— Liegenlassen d. auf d. Oberfläche d. Ackers 314.
— künstlicher 329.
— Schaf-, Pferde-, Rindvieh-, Schweine- 319.
— Vertheilung d. 311.
— Werthbestimmung des, 378.
Düngercapital 265.
Düngesalz 367.
Düngung 263.
— periodische 267.
Dunggrube 304.
Dungstoffe 264.

E.
Eiche, Asche d. 91.
Einstreu 302. 320.
Eisen 21. 82. 159.
Eisenvitriol 367.
Eiweiß 18.
Ellern 155.
Endosmose 118.
Entwässerung 231.
— durch offene Gräben 234.
— durch Drainröhren 239.
Embryon 31.
Embryosack 36.
Epidermis 29.
Epithelium 29. 123.
Erbsen, Zusammensetzung d. 445.
— Asche d. 87.
Erdbrände 53.
Erde 112.
Esparsette, Zusammensetzung d. 440.
— Asche d. 90.
Excremente, feste 286.
— flüssige 287.
— gasförmige 287.
— Zusammens. d. 289.
Exosmose 118.
Extractivstoffe 18.

F.
Farbstoffe 16.
Feldspath 157.
Fermente 19.
Fettsäuren 17.
Filamentum 35.
Flachs, Asche d. 89.
Fluor 21. 95.
Fluthstrom 152.
Frucht 36.
Fruchtbarkeit, außergewöhnliche 275.
Fruchtknoten 36.
Fruchtwechsel 402.
Fruchtzucker 14.
Futtermittel 435.

G.
Gährungspilz 23.
Gefäßbündel 26.
Gefäße (Gefäßzellen) 11. 25. 128.
Gebirge 146.
Gein (Geinsäure) 47. 161.
Gemengesaaten 415.
Gerbsäure 18.
Gerste, Zusammensetzung d. 444.
— Asche d. 86.
Gesteine 146.
— krystallinische 146.
— neptunische 147.
Gewitter 220.
Gletscher 151.
Glimmer 157.
Glycerin 17.
Gips 21. 360.
Granit 146.
Gras, Zusammensetzung d. 448.
— Asche d. 90.
Gründüngung 367.
Gummi arabicum 15.
Guano 327.
Gutta Percha 17.

H.
Haare 29.
Hafer 101. 445.
— Asche d. 86.
Hagel 212.
Halmfrüchte 403.
Hanf, Asche d. 89.
Harze 17.
Havelwasser, Zusammensetzung d. 174.
Hecken 245.
Holzgewebe 25.
Holzstoff 10.
Humin (Huminsäure) 47. 161.
Humus 47. 149. 161. 177.
Humusboden 176. 193.
Hygroskopicität 175.
Hypnum 155.

J.
Jauche 305.
Infusorien 156.
Intercellulargänge 24.
Intercellularräume 24.
Intercellularsubstanz 23.
Inulin 14.
Jod 21. 95.

K.
Kalium (Kali) 21. 79.
Kalk 80. 159.
Kalkboden 176. 194.
Kalkerde, saure phosphorsaure 341.
Kalksand 177.
Kalk-Zufuhr 255. 353.
Kalmus 154.
Kampher 17.
Kartoffeln, Zusammensetzung d. 446.
— Asche d. 88. 94.
Kautschuk 17.
Keim 31. 105.
Keimblätter 32.
Keimung 116.
Kernkörperchen 20.
Kiefer, Asche d. 91.
Kieselsäure 74. 83.
Kleber 19.
Klee, Zusammensetzung d. 448.
— Asche, d. 90.
Knochenmehl 338.

Knochenstein 342.
Knospenhüllen 36.
Knospenkern 36.
Knospenmund 36.
Kohl, Asche d. 90.
Kohlensäure 42. 83. 104.
Kohlenstoff 42. 268.
Kolophon 17.
Koprolithen 342.
Kork 10. 29.
Kupfer 21. 82.
Kryptogamen 37.

L.

Lärche, Asche d. 91.
Lagerung d. Erdschichten 151.
Laubpflanzen 405.
Lebenskraft 138.
Legumin 18.
Lehm-Zufuhr 247.
Lichenin 14.
Licht 113. 114.
Linde, Asche d. 91.
Linsen, Zusammensetzung d. 446.
— Asche d. 87.
Luft, atmosphärische 112. 205.
Lupinen 368. 446.
Luzerne, Zusammensetzung d. 448.
— Asche d. 90.

M.

Magnesium (Magnesia) 21. 81. 159.
Mais, Zusammensetzung d. 445.
— Asche d. 90.
Malzkeime 344.
Mangan 21. 82.
Mannit 15.
Mark 32.
Markstrahlen 28.
Meerwasser, Zusammensetzung d. 174.
Meliorationsarbeiten 231.
Membran 9. 10. 117.
Mergel 359.
Mesas 171.
Milchsäure 19.
Mineralien 146.
Moder 47. 162.
Moder-Zufuhr 251.
Mohn, Asche d. 89.
Mohrrüben, Zusammensetzung d. 447.
— Asche d. 88.
Monocotyledonen 26.
Moorwiesen, 153. 425.
Morphin 18.

N.

Nahrungsäquivalente 443.
Nahrungsgewebe 24.
Nahrungsmittel, d. Pflanzen 39. 181.
— der Thiere 39. 435.
— Aufnahme d. 117.
Narbe 36.
Natrium (Natron) 21. 80.
Nebel 209.
Netzgefäße 11. 25.
Nicotin 18.
Nymphäen 154.

O.

Oberhaut 28.
Oele, fette 16.
— ätherische 17.
Organische Verbindungen 12.
Oxalsäure 18.
Oxalsaure Kalkerde 21.

P.

Parenchym 24.
Passate 214.
Pectinstoffe 15.
Pfahlwurzel 34.
Pflanzenfibrin 18.
Pflanzengallerte 15.
Pflanzenkäsestoff 18.
Pflanzenleim 18.
Pflanzensäuren 18. 70. 72.
Pflanzenschleim 15.
Phosphor 21.
Phosphorit 342.
Phosphorsäure 83. 160.
Plumula 31.
Pollen 35.
Pollenschlauch 37.
Polypen 156.
Poren 10. 117. 122.
Porenkanäle 10.
Porphyr 146.
Post 81. 357.
Poudrette 324.
Primordialschlauch 10. 20.
Proteinstoffe 18. 436.
Protoplasma 9. 20.

Q.

Quarz 157.
Quarzsand 157. 188.
Quellen 170.
Quellwasser 164.
Quellsäure 47. 161.
Quellsatzsäure 47. 161.

R.

Radicula 33.
Raigras, Asche d. 90.
Raps, Zusammensetzung d. 447.
— Asche d. 89.
Rapskuchen 342. 447.
Rasenbrennen 352. 432.
Rauhreif 219.
Regen 208. 212.
Regenmenge, jährliche 222.

Reif 208. 111.
Ringgefäße 11. 25.
Roggen, Zusammensetzung d. 444.
— Asche d. 85. 93.
Rohrzucker 14.
Roßkastanie, Asche d. 92.
Rothbuche, Asche d. 91.
Rothtanne, Asche d. 91.
Rückbildung 286.
Ruhe des Bodens 416.
Runkelrübe, Zusammensetzung d. 446.
— Asche d. 88.

S.

Saft, Fortleitung d. 125. 129.
— -Vermehrung 126.
Saftströmungen 129.
Salpetersäure 57. 67. 160.
Samen 31.
Samendünger 377.
Sameneiweiß 31. 37.
Samenknospe 35. 36.
Samenträger 36.
Sand 146.
Sandboden 176.
Sand-Zufuhr 254. 426.
Salzkrystalle 99.
Sauerstoff 57. 268.
Schilf 154.
Schnee 208. 212.
Schwärmfäden 38.
Schwefel 21.
Schwefelsäure 83. 160.
Schuppen 29.
Scirpus lacustris 153.
Secrete 287.
Seifen 17.
Senf, Asche d. 89.
Silber 21. 82.
Silicium 21.
Sonnenblume 56.
Sphagnum 155.
Spaltöffnungen 29.
Spannkraft der Wasserdämpfe 206.
Spiralgefäße 11. 25.
Sporen 38.
Stacheln 29.
Stärke 13.
Stalldünger 285.
— Entstehung und Zusammensetzung d. 285.
— Behandlung und Verwendung d. 301.
Stamm 32.
Stammknospe 31.
Staubbeutel 35.
Staubfäden 35.
Steinkohlen 149.
Stickstoff 58. 268.
Stickstoffhaltige Substanzen 349.
— Nahrungsmittel 436.
Stickstofffreie Nahrungsmittel 436.
Stickstoffschlauch s. Primordialschlauch.
Stickstoffschleim s. Protoplasma.
Stoffwechsel 39. 436.
Stratiotes aloides 154. 358.
Strohdünger 376.
Strychnin 18.
Sümpfe 153.
Syenit 146.

T.

Taback, Asche d. 90.
Talkerde s. Magnesia.
Terminalknospe 34.
Terpentinöl 17.
Thau 208. 209.
Theer 17.
Thein 18.
Thon 157. 177. 191.
Thonboden 176. 177.
Thonerde 82. 177.
Torf 162.
Torfmoore 153.
Torfmoos 155.
Traubenzucker 14.
Treppengefäße 11. 25.
Tüpfel 10.
Turnips, Zusammens. d. 447.
— Asche d. 88.

U.

Uebersanden der Wiesen 426.
Ulmen, Asche d. 91.
Ulmin (Ulminsäure) 47.
Unorganische Stoffe 12. 20. 68.
Urat 325.

V.

Vegetationsversuche 98. 101. 392.
Verbrennen 53.
Verdauung 285.
Verdickungsring 27.
Vertiefung der Ackerkrume 261.
Verwesung 53.
Verwitterung 147.
Vorfrucht 403.

W.

Wachs 17.
Wärme 113.
Wärmeausstrahlung 209.
Wasser 56. 104. 185.
Wasserdunst 64. 211.
Wassergas 211.
Wasserstoff 55. 269.
Wasserhaltende Kraft 166.
Weinsäure 18.

Weißbuche, Asche d. 91.
Weizen, Zusammens. d. 444.
— Asche d. 85.
Wicken, Zusammensetzung d. 445.
— Asche d. 87.
Wiese 423.
Wiesengräser, Zusammensetzung d. 448.
Wind 213.
Wolken 210.
Würfelsalpeter 344.
Wurzel 32.
Wurzelausscheidungen 137. 411.
Wurzelhaare 34.
Wurzelhaube 32.
Wurzelknospe 31.

Z.

Zellbildung 21. 108.
Zelle 9.
Zellenkern 9. 20.
Zellgewebe 23.
Zellstoff 10. 13.
Zink 21. 82.
Zucker 13. 14.
Zuckerkohle 342.

Druck von Gustav Schade in Berlin,
Oranienburgerstr. 27.

UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 06396 7122